

Amo - 6
W. Orden - 41

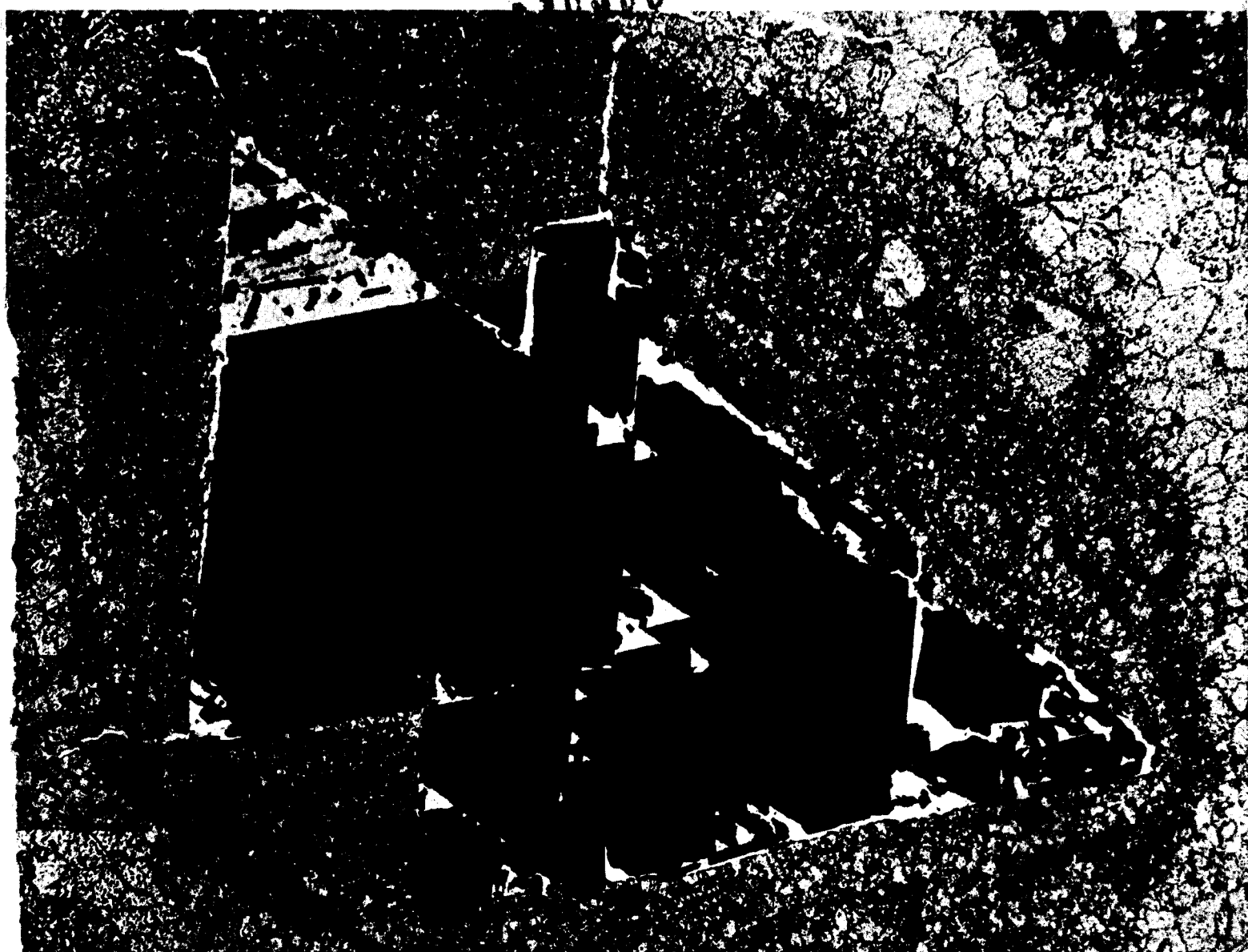
MINISTERIO DE INDUSTRIA

EMPRESA NACIONAL ADARO

DIRECCION GENERAL DE MINAS

ESTUDIO METALOGENICO COMPARATIVO DE LAS MINERALIZACIONES PLUMBIFERAS DE LINARES - LA CAROLINA - STA. ELENA

10395



INI

EMPRESA NACIONAL "ADARO"

de Investigaciones Mineras, S. A.

(Dirección de Investigaciones)

DIRECCION GENERAL DE MINAS

Subdirección Gral. de Ordenación, In-

vestig. Mineras y Aguas Subterráneas.

ESTUDIO METALOGENICO COMPARATIVO DE LAS MINERALIZACIONES

PLUMBIFERAS DE LINARES-LA CAROLINA-STA ELENA

— Su Aplicación a la Investigación Minera del

Extremo Oriental de Sierra Morena —

-10395

1. PRESENTACION

- 10395

- 10395

1.1. INTRODUCCION

Este informe se refiere a un estudio metalogénico, relativo a las mineralizaciones filonianas del extremo oriental de Sierra Morena. Efectuado por encargo de la Dirección General de Minas, forma parte de un conjunto de trabajos, que aplica la Dirección General para reactivar la minería nacional del Plomo, singularmente la de estos Distritos: Linares, La Carolina, Sta. Elena, máximos productores mundiales de Pb de 1850 a 1915.

Para una mejor comprensión de los estudios efectuados y, sobre todo para evidenciar su alcance, necesidad y aplicabilidad inmediata a la prospección regional de minerales de Pb, conviene, antes de exponerlos, situarlos en su contexto geográfico-minero, y dentro, también, del marco de una investigación minera completa como la que en estas áreas verifica la Empresa Nacional ADARO.

1.2. ANTECEDENTES HISTORICO-MINEROS

Toda esta región ya estuvo poblada en tiempos prehistóricos. En Despeñaperros se conservan los restos de un gran Santuario Ibero (Cueva de los Muñecos, Cultura Argárica - Edad de Bronce); Baeza es la población griega Viocia, Bosphorus era el Vilches focense y Linares, Hellares, próximo al famoso Castulone romano.

También las minas de Pb de la comarca mariánica, ya citadas por Plinio el Viejo, han sido explotadas desde épocas remotas. Los primeros vestigios de laboreo minero se suponen cartagineses; sus restos y escorias permanecen bajo escombros de minería romana. Casi sin interrupción, pero con pronunciados altibajos, ha continuado la explotación minera de estos Distritos hasta nuestros

días. Los antiguos trabajaron más frecuentemente los yacimientos septentrionales (Santa Elena-La Carolina), pues sus minerales eran, y son, más ricos en plata que los de Linares.

Las épocas de menor actividad correspondieron a las de dominación visigótica y árabe. Un resurgimiento positivo se inició en tiempos de Carlos V, durante cuyo reinado se fundó Linares, y de Felipe II, que promulgó diversas medidas para la reordenación minera. Una nueva parálisis común a toda la región, que acaeció hacia 1760, fue motivada principalmente por requerir el laboreo abundante desagüe, cuya copiosidad aumentaba día a día con la profundidad de las explotaciones. La actividad minera en Pb se desplazó entonces a Sierra de Gádor con yacimientos más irregulares, pero absolutamente secos.

La invención de la máquina de vapor y su aplicación a la extracción de agua mediante bombeo (el propio Watt envió una primera máquina de desagüe en 1871), restituyó a los campos filonianos de Linares-La Carolina-Sta. Elena su antiguo interés, y los mineros de la Alpujarra, tarantos almerienses y mangurrinos de Granada, como más tarde los cartageneros, volvieron a Jaén, cuyas explotaciones llegaron a alcanzar sorprendente apogeo; el de Linares en 1850-1885; la Carolina, más tarde, de 1885 a 1925, siendo, en el mundo, los máximos focos productores de plomo.

En general, casi todas las explotaciones pararon progresivamente por diversas causas durante los primeros treinta años del siglo XX, primero las del S., después las septentrionales. Entre ellas:

- A) Abandono prematuro de minas por el descubrimiento de grandes yacimientos de menas complejas (América y Australia), separables por flotación, que canalizaron hacia ellas las inversiones de capital extranjero.
- B) Baja en los precios del Pb en 1930, y nueva depreciación durante la postguerra mundial (1945), unidas a las fluctuaciones del mercado de Londres y del poder adquisitivo de la moneda nacional.
- C) Incapacidad, por falta de previsión técnica y económica, tal vez por el fraccionamiento excesivo de la propiedad minera, para superar zonas de empobrecimiento mineral y sufragar simultáneamente los gastos crecientes de desagüe.
- D) Desórdenes laborales durante la República y daños ocasionados por la guerra civil.
- E) Falta de renovación en los sistemas tradicionales de explotación, junto con la aparición de la silicosis, mal endémico tras la introducción del martillo perforador.

Actualmente, la actividad minera, restringida pero próspera, se limita a 20 explotaciones y 9 lavaderos de escombreras; entre todos han producido en 1970 unas 23.000 Tm. de Pb, con tendencia a acercarse a las 25.000 anuales, un tercio, aproximadamente, de la producción nacional.

Esta minería activa, se desenvuelve a nivel técnico y con medios suficientes, alcanzándose en la explotación rendimientos satisfactorios. Progresivamente se han ido mecanizando, hasta lo compatible con el sistema tradicional de laboreo y las características de los criaderos, las principales instalaciones. Paso inmediato, hace poco acometido por ENADIMSA, ha sido implantar un nuevo sistema de explotación, galería y paralela, hoy con éxito en etapa experimental. Tal procedimiento extractivo permite mecanización más completa y requiere, además, menos peonaje y mano de obra artesana, junto con un mejor aprovechamiento del minero especialista.

El desarrollo futuro de esta minería depende de dos tipos de variables. Unas, externas e independientes, como la evolución sociológica y de los mercados, la coyuntura socio-política, o los descubrimientos tecnológicos que modifiquen la demanda de primeras materias; otras son en cambio de carácter interno, ligadas al potencial minero propio de la región en sí.

La extraordinaria capacidad metalífera del extremo oriental de Sierra Morena no necesita demostración. Unas 1.300 minas, con más de 65 Km. de pozos maestros, 90 pocillos o chimeneas, más otros 786 Km. de galerías sobre filón, atestiguan la profusión de metalizaciones plumbíferas, y el alto grado de conocimiento que de las mismas lograron los antiguos mineros.

Es evidente que el porvenir minero del área reside más bien en un potencial metalífero residual. Corresponde en parte a yacimientos no totalmente aprovechados, por problemas de técnica insuficiente (fallas, desagüe copioso, etc.), o de estrechez financiera de sus pasados explotadores. Otras posibilidades positivas estriban en las de hallazgo de nuevos filones, cuya presencia haya pasado inadvertida hasta la actualidad. Tres razones hacen plausible este desapercibimiento en mineros tan expertos:

A) Existencia de recubrimiento estéril: Cuando éste, que comprende todos los terrenos posteriores al paleozoico, no haya sido eliminado localmente por erosión, el paleozoico subyacente y sus posibles metalizaciones habrán permanecido ignorados para los antiguos.

B) Afloramiento estéril del filón: Sabido es que en La Carolina algunas metalizaciones no han presentado enriquecimiento en SPb hasta los 50-80 metros de profundidad. Uniendo a esa apariencia externa de esterilidad, el que muchos asomos están enclavados sobre pizarras con fracturas poco y mal definidas

(v. gr. el grupo minero ARACELI), es fácil que, aún advertidos tales afloramientos, haya permanecido desconocida su significación.

C) Por encontrarse los asomos en zonas agrestes o distantes de la Sierra, donde la falta de población, vías de acceso o tradición minera local, unida tal vez a la existencia de recubrimientos eluvionarios, haya hecho menos probable su localización.

Existen, por tanto, posibilidades para el hallazgo de mineralizaciones inexploradas, que, por cierto, no diferirán en sus cualidades medias de las habituales en la región, pues su conservación ha respondido a fenómenos de ocultación y no a motivos metalogénicos.

El máximo aliciente para la prospección lo constituirán, bien las prolongaciones de filones conocidos, cuya extensión lateral, más allá de accidentes tectónicos, o en profundidad, no supieron aclarar los antiguos mineros, bien la detección de otras réplicas filonianas, análogas a las metalizaciones conocidas, pero ocultas por un recubrimiento estéril, que ahora con el auxilio de la geofísica, geoquímica, etc., pueden ser localizadas.

1.3. OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO

El éxito de las actuales investigaciones depende de la posesión previa de conocimientos adecuados sobre las metalizaciones plumbíferas de estos Distritos y en la aplicación eficaz de tales conocimientos.

Los estudios conducentes al descubrimiento de nuevos criaderos de Pb (o al mejor aprovechamiento de los conocidos en actual explotación), y asimismo las inversiones económicas necesarias para llevar aquéllos a cabo, deben constituir una secuencia ordenada de operaciones, cuya realización depende de los resultados progresivamente obtenidos.

Si bien de ejecución particular condicionada, los trabajos que constituyen una prospección completa pueden agruparse en cuatro grandes fases, que definen una programación-tipo de investigación minera. Cada una de estas etapas agrupa operaciones características, que difieren no sólo en la escala y el tiempo oportuno de su realización, sino también en sus objetivos particulares y medios técnicos para alcanzarlos.

Son las etapas mencionadas las siguientes:

I.- Fase fundamental de estudios básicos: conducentes al reconocimiento previo de todas las características acusables que distinguen a las mineralizaciones.

II.- Fase de prospección regional: encaminada a la búsqueda y selección de áreas restringidas, cuyos antecedentes mineros, indicios mineralíferos, o características geológicas, las señalan, de acuerdo con los criterios obtenidos en la Fase I, como singularmente aptas para albergar mineralizaciones.

III.- Fase de estimación de potencialidad minera: aplicable a las áreas restringidas, puestas de manifiesto por II, evidenciando cuáles de entre ellas pueden corresponder, por su envergadura, a yacimientos de posible explotación económica.

IV.- Fase de valoración de yacimientos: con la finalidad de delimitar, dentro de los yacimientos III, zonas parciales o criaderos, cuyo volumen y riqueza mineral permiten su aprovechamiento minero rentable.

Dentro de la Fase previa, que integra todos los trabajos de infraestructura, y que por ello suelen verificarse sobre áreas mineralizadas conocidas, cabe distinguir, a su vez, tres grupos de estudios:

A) Infraestructura geológico-metalogénica: en que se ponen de manifiesto las características que ofrecen los ámbitos con manifestaciones mineralíferas (estudios geológicos), y las propias de tales enriquecimientos metalíferos (estudios metalogénicos).

B) Infraestructura económico-minera: que aclara las peculiaridades que distinguen los yacimientos explotables de los anti-económicos.

C) Infraestructura metodológica de prospección: merced a la cual se establecen los medios indicados para la localización y análisis de áreas y cuerpos, que gocen de las propiedades evidenciadas en A) y B).

El trabajo presente se enmarca pues, dentro del establecimiento de la infraestructura metalogénica de una amplia región, que comprende los tres Distritos mineros considerados: Linares, La Carolina y Sta. Elena.

Podría parecer que en áreas con tradición minera tan dilatada, para evidenciar el emplazamiento de las unidades geológicas con alto potencial metalífero, objetivo primordial de cualquier prospección, bastara conocer la localización y naturaleza de la profusión de explotaciones mineras precedentes. Una vez determinadas minas y menas, sería factible efectuar observaciones sobre “zonales geográficas” en la aparición espacial de las manifestaciones conocidas. Pero la interpolación o expansión de estas zonas con indicios ciertos a un entorno metalogénicamente favorable, seleccionado sobre áreas amplísimas, ha de basarse en más datos que los de simple naturaleza y posición de instalaciones mineras; requiere disponer inevitablemente de una infraestructura

geológico-metalogénica.

Solo la integración de los datos sobre indicios mineros, y de los estudios estadísticos de la estructura material y formal de los filones conocidos, sobre una base geológica adecuada, permitirá descubrir y delimitar los metalotectos buscados y elegir los medios apropiados para su prospección.

1.4. PARTICIPACION

Este informe ha sido planeado, elaborado y redactado por J. E. AZCARATE.

Bajo su dirección ha colaborado, en la realización de los trabajos, el siguiente equipo técnico:

1.4.1. Reconocimientos sobre el Terreno y Mina.

Sr. J. E. Azcárate

1.4.2. Recogida de Muestras.

Sr. A. Martínez

Sr. J. Sáez

Sr. M. Maldonado

Sr. Ortega

1.4.3. Estudios Microscópicos.

Sr. A. Vergara (minerales metálicos y microfotografías)

Sra. A. Argüelles (minerales no metálicos)

Sra. P. Moreno (pruebas microquímicas)

1.4.4. Estudios Cuantométricos.

Sr. J. Moal

1.4.5. Estudios Químico-mineralógicos.

Sr. C. Laforet (microsonda de CASTAIGN)

1.4.6. Estudios Isotópicos.

Sr. B. Bosch (isótopos del Pb)

Sr. A. Marce (isótopos del azufre)

1.4.7. Estudios Químicos.

Sr. J. Calderón

1.4.8. Desmuestres en Mina.

Sr. Pablo

Sr. Sicilia

Sr. Claverías

Sr. Robles

1.4.9. Cálculos Numéricos.

Ordenador IBM de la E. T. S. I. M. de Madrid.

2. INFRAESTRUCTURA GEOLOGICA REGIONAL

2.1. SINTESIS LITO-ESTRATIGRAFICA

El subsuelo de la región (fig. a) lo constituye un zócalo de rocas paleozoicas, recubierto en amplias zonas por una cobertura de sedimentos más jóvenes. Ambos conjuntos, basamento primario de Sierra Morena y recubrimiento postherciniano, difieren mucho en su composición, estructura e importancia minera.

2.1.1. Zócalo Paleozoico Metalífero.

En el Distrito de Linares, más meridional, los terrenos de edad primaria están representados esencialmente por pizarras carboníferas con intercalaciones areniscosas, granitos adamelíticos y correspondientes formaciones de metamorfismo térmico en el contacto de ambos conjuntos. Al N. de La Carolina, aparece el Siluriano, en el que las rocas cuarcitosas ofrecen desarrollo más notable, y más al N. aún, en Sta. Elena, se manifiestan de nuevo asomos de rocas graníticas intrusivas, aquí de carácter grano-diorítico, preferentemente.

La columna estratigráfica representada en la Fig. (b (I)) resume el conocimiento actual sobre la composición del zócalo primario.

2.1.2. Recubrimiento Postherciniano Estéril (Fig. b (II)).

Comprende de abajo arriba sucesivamente los siguientes términos:

2.1.2.1. Permo-Trías: Bajo esta denominación se agrupa una serie de niveles conglomeráticos o areniscosos de color rojizo que, apoyados en una superficie de erosión, reposan directamente sobre el Paleozoico.

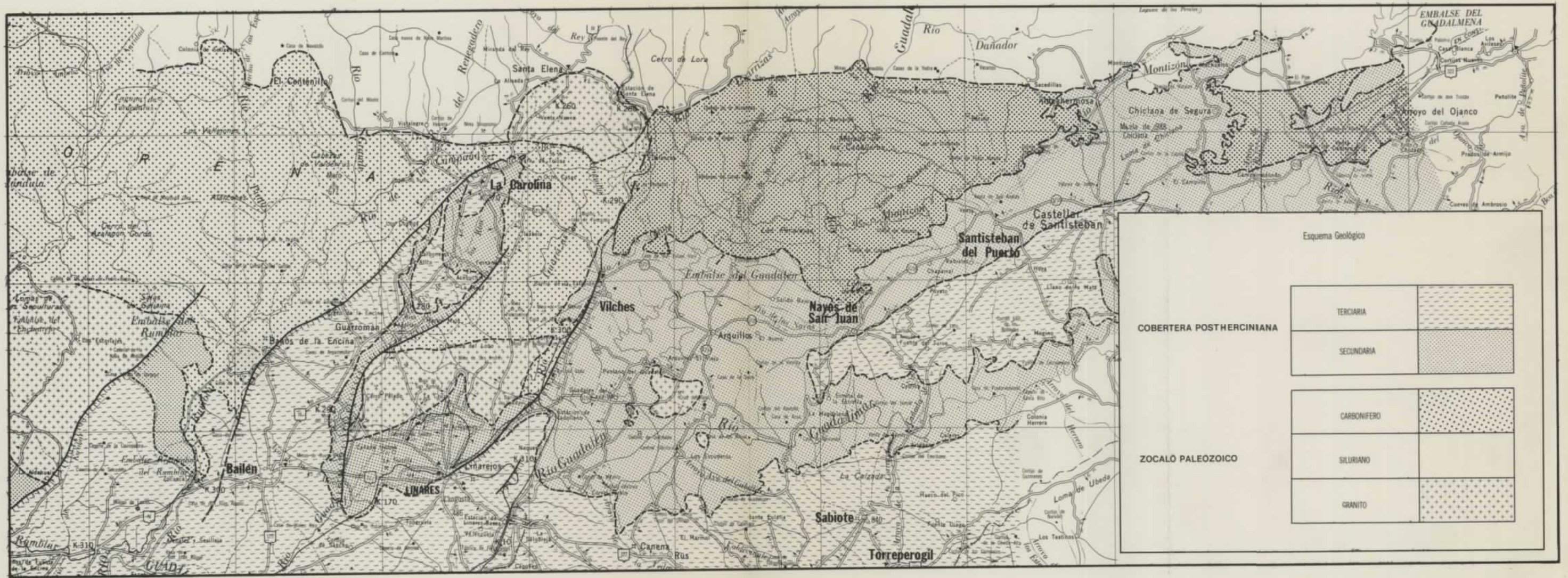


Fig. a

ZOCALO PALEOZOICO METALIFERO

| EDAD | | NOMBRE | EDAD | | NOMBRE | | | |
|-----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|-------------------|------|-----------------|--|
| SILURIANO | ORDOVICIANO | PIZARRAS GUINDO | SILURIANO | CARBONIFERO | FORMACION CAMPANA | | | |
| | | (Cuarcitas inferiores) | | | | DEV. | (Facies Culm) | ARENISCAS ROJAS |
| | | (Pizarras del Río) | | | | | | PIZARRAS GRAPTOLITICAS |
| | | (Areniscas del Río) | | | | | | CUARCITAS CASTELLAR |
| | | (Alternancias del Río) | | | | | | PIZARRAS CASTELLAR |
| | | CUARCITAS ARMORICANAS | | | | | | CALIZA URBANA |
| | | | | | | | | ESTRATOS ORTHIS |
| | | | | | | | | (Pizarras de Contera) |
| | | | | | | | | CUARCITAS GUNDO (Cuarcitas Botella) |
| | | | | | | | | (Cuarcitas de Contera ALMADEN) |

(I)

RECUBRIMIENTO ESTERIL

| EDAD | | NOMBRE | |
|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Terciario | MIOCENO | PAQUETE MOLASICO | |
| | | MARGAS AZULES | |
| Secundario | LIAS-JURA | TRAMO EVAPORITICO | |
| | | NIVEL "C" | |
| | TRIAS DE BASE (Permotrias ?) | CRET. | TRAMO ARENISCO |
| | | | NIVEL "B" |
| | | | NIVEL "A" |
| | Trias de Base (Permotrias ?) | TRIAS DE BASE (Permotrias ?) | TRIAS DE BASE (Permotrias ?) |
| | | | |

(II)

Fig. b

Estos conglomerados de base se encuentran al N. a la cota de 620 metros (Navas de Tolosa), a unos 480 metros en Linares y a 400 en Baños de la Encina.

2.1.2.2. Secundario: Se halla representado principalmente por sedimentos triásicos y jurásicos.

A) Trías: Se distinguen de abajo a arriba tres tramos:

I.- Tramo inferior (aleurítico-arcilloso): Comprende unos 100 metros de aleuritas, rojizas por los óxidos de hierro que contienen, con algunas intercalaciones grisáceo-verdosas.

II.- Tramo medio (areniscoso): Está integrado, fundamentalmente, por dos niveles de areniscas, separados por argilitas de color vinoso con alguna hiladilla margocaliza sin fauna fósil.

III.- Tramo superior (evaporítico): Representado por arcillas y yesos de colores abigarrados.

B) Liásico-Jurásico: al E., en la hoja 1:50.000 de Ubeda, y culminando el Trías común a la región, aparece una formación calizo-dolomítica, en estratos bien tableados de color gris-amarillento, estériles desde el punto de vista paleontológico. Son niveles generalmente microcristalinos y brechoides, incluyendo abundantes vetas de espató calizo.

Su espesor oscila entre unos pocos metros, restos erosivos sobre Cerro Mortero, hasta alcanzar más de 300 metros bajo Navas de San Juan.

2.1.2.3. Terciario: Compuesto esencialmente por el neógeno del valle del Guadalquivir.

A) Mioceno: Comprende de abajo a arriba tres tramos marinos diferenciados, litológica y ecológicamente:

I.- Tramo inferior (Base de la transgresión TORTONIENSE): conglomerados calizo-arenosos, cuya litología y espesor están sujetos a rápidos y marcados cambios laterales.

II.- Tramo medio (TORTONIENSE-alto): Constituido esencialmente por margas y margoarcillas, a veces sabulosas, de colores gris-amarillentos; sostienen las industrias de cerámica en Bailén, Linares, etc. Su espesor puede alcanzar incluso los 500 metros (S. de la estación de Linares-Baeza).

III.- Tramo terminal (ANDALUCIENSE): Corona los depósitos marinos del valle del Guadalquivir. Está muy bien representado al S. y SE. de Linares (Canena, Sabiote, Ibros, etc.); aparece generalmente donde la erosión ha respetado cotas superiores a los 550 metros de altitud.

Se compone de calizas toscas y areniscas con intercalaciones arcillosas. Su natural porosidad, hace que sean niveles permeables, por lo que su base, en contacto con las margas grises infrayacentes, constituye un acuífero libre, causa, determinante del emplazamiento de las poblaciones citadas.

B) Plioceno: Al N. de Santa Elena y especialmente al O. de Baños de la Encina, aparecen en pleno Despeñaperros, a cotas superiores a 600 metros, conglomerados semisuelos, análogos a los anteriores, pero con potencia considerable. Su disposición y aspecto, recuerda al de las rañas de Extremadura, por lo que posiblemente, deban incluirse dentro de un conjunto plioceno o plio-cuaternario.

2.1.2.4. Cuaternario: De origen fluvial y desarrollo local mucho menos importante que los anteriores.

2.2. SINTESIS ESTRUCTURAL

2.2.1. Disposición del Zócalo Paleozoico Metalífero.

Los sedimentos paleozoicos, predominantemente arcillosos los del Carbonífero y sabulosos los Silurianos, fueron plegados y metamorfizados a pizarras y cuarcitas durante la orogenia herciniana. La dirección media de los ejes de plegamiento describe amplio arco al N. de Linares, al NE. de esta población marchan con rumbo N.-60°-E., E.-O. en el meridiano de Linares, y N.-70°-O. al NO., en Sierra Morena. Los buzamientos de la estratificación y pizarrosidad al S. de Despeñaperros marchan generalmente hacia el S.

La etapa de empujes, causa de las estructuras hercínicas de plegamiento con mayor envergadura, es posterior al Westfaliense inferior y su dirección local varía entre N. 20° E., en la zona de poniente, y N.-10°-O. en la oriental.

El plegamiento de los estratos paleozoicos no es armónico, dado el contraste de propiedades reológicas entre los conjuntos pizarreños y cuarcíticos. Por ello, son comunes los fenómenos de extrusión, por los que el material resistente cuarcítico tiende a perforar en los núcleos anticlinales a las pizarras menos competentes que los recubren.

Con posterioridad al establecimiento de los primeros pliegues se verificó la intrusión de los granitos de Santa Elena y Linares, que, perforando las cuar-

citadas y pizarras suprayacentes e inyectándose parcialmente entre ellas, las levanta y metamorfiza por acciones térmicas y emanaciones a favor de su contacto.

En conjunto, los afloramientos graníticos de estos Distritos, como el más reducido de Arquillos, aparecen, a través del granito de Navamorquín, como terminación oriental de la banda ígnea, que, comenzando en Castelo Branco y Porto Alegre (Portugal), prosigue por Extremadura y Andalucía (Villanueva de Córdoba, Venta de Cardaña, etc.), siguiendo más o menos la directriz local de ejes de plegamiento hercinianos, para desaparecer definitivamente aquí.

Después de la intrusión y consolidación plutónica, acaece otra etapa de actividad orogénica. Los nuevos empujes, más cercanos al E. que los anteriores, con direcciones que oscilan alrededor del N.-30°-E., al no concordar con los de la tanda anterior, originan repliegues y nuevas pizarrosidades de carácter más local en las pizarras, cuyos ejes primitivos de plegamiento dibujan en planta amplias inflexiones en "S". Las unidades menos plásticas, cuarcitas y granitos, responden ante estos esfuerzos con fallas rumbodeslizantes N. 45°-60° E., a favor de las cuales se producen desplazamientos en los que, como norma general, el bloque situado al N. de la falla avanza relativamente hacia el S.

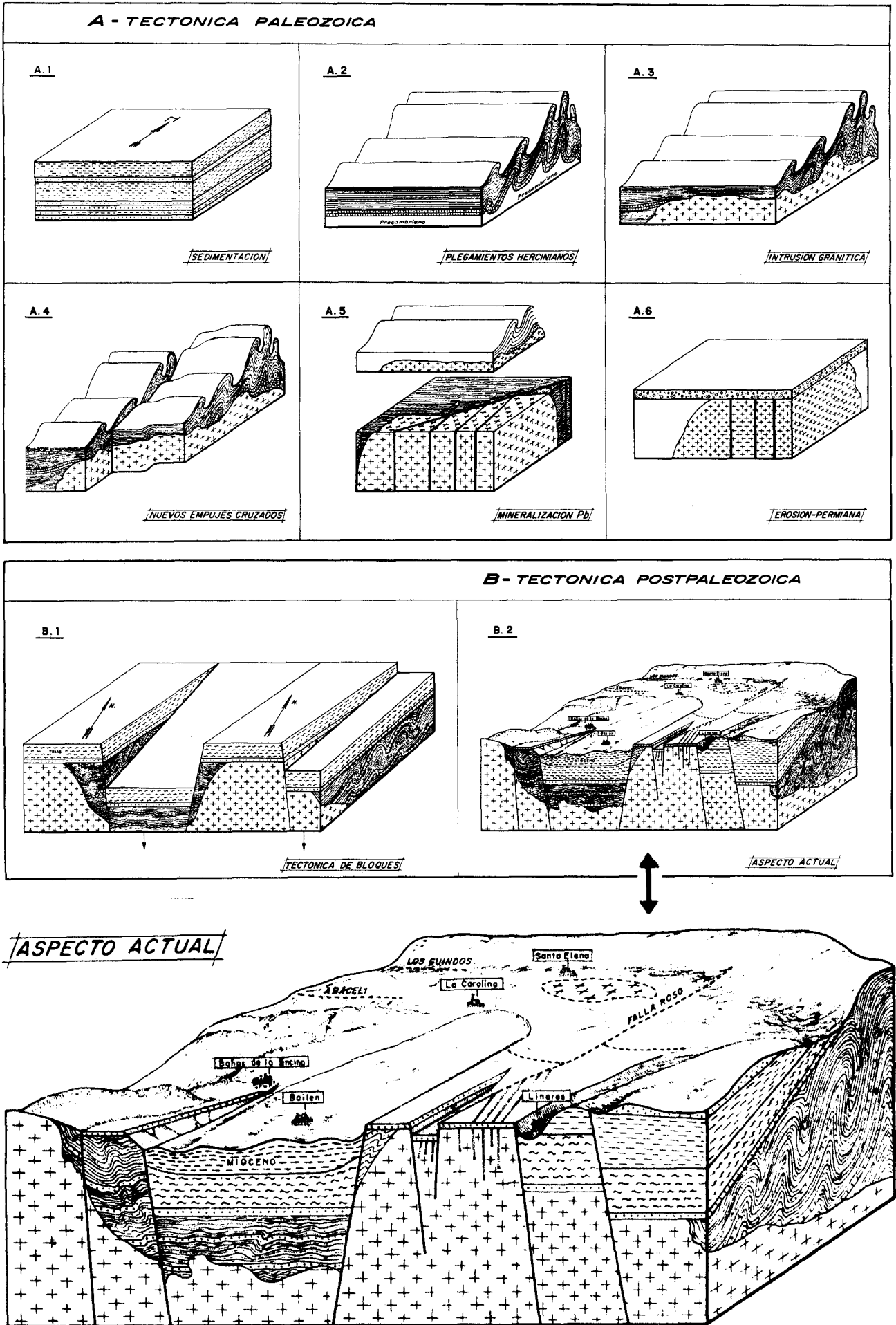
Las fracturas nacidas o reactivadas durante esta posterior fase compresiva de la orogenia herciniana presentan singular interés por su envergadura regional y por su vinculación, según más adelante se expondrá, al establecimiento de los espacios que, rellenos, constituirán los campos filonianos aquí estudiados.

2.2.2. Disposición del Recubrimiento Postherciniano Estéril.

El Mioceno reposa, casi siempre, subhorizontalmente, conservando su posición originaria. Casi lo mismo le sucede al Trías, aunque ambos muestren tendencia a buzarse suavemente hacia el centro de sus respectivas cuencas, situado más al S. Sin embargo, fenómenos de emersión o descenso relativo de bloques del zócalo, acaecidos en tiempos posttriásicos, han afectado también al recubrimiento postherciniano suprayacente, fracturándolo o imponiéndole inclinaciones que, localmente, alcanzan los 70°. El desnivel que afecta a la base del Mioceno y sobre todo a la del Trías, en afloramientos situados sobre unidades tectónicas contiguas, es guía segura para delimitar los diferentes bloques estructurales.

El conjunto paleozoico, dividido según se ha citado por antiguas superficies de fractura N. 45°-60° E., experimenta nuevos movimientos a favor de las mismas que alcanzan incluso el Mioceno. Por ello al S., en el Distrito de Linares, el zócalo metalífero va desapareciendo al SE., S. y NO. de Linares por saltos escalonados, bajo depósitos sedimentarios más modernos, (fig. c).

EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LOS DISTRITOS DE LINARES Y LA CAROLINA



F. Baños

F. Guarromán

D. Intermedia

F. Linares

F. Fuente Alamo

Fig. c

En el ámbito meridional, las alineaciones tectónicas de esta índole con mayor importancia geológica o minera son de E. a O.:

- A) Falla de Baños de la Encina - La Carolina (con más de 320 metros de buzo-deslizamiento a la altura de Baños).
- B) Falla de Guarromán (con unos 200 metros de hundimiento del bloque bajo a la altura de Matababras).
- C) Falla de Linares (con unos 120 metros de componente vertical en su desplazamiento).
- D) Falla de Fuente-Alamo (con otros 120 m. de salto vertical en el cortijo del mismo nombre).

Las enunciadas en primero y segundo lugar, definen la fosa de Bailén, colmatada de Trías y Mioceno. La segunda y tercera delimitan el bloque alto de Linares, en el que, prácticamente, aflora el paleozoico con criaderos de Pb. La falla de Linares, como la de Fuente-Alamo, producen el descenso progresivo del zócalo metalífero, que cerca de la Estación de Linares-Baeza, reposa ya bajo más de 600 metros de recubrimiento.

Dentro del bloque pilar de Linares, puede apreciarse (Fig. c) una estrecha banda, ligeramente deprimida, a la que se denomina "depresión intermedia". Las fracturas que la delimitan son la denominada El Cobre-2, y la Falla "Roso"; ambas en tiempos posttriásicos, han actuado nuevamente, pero como fallas de desplome normal (la "Roso", unos 40 metros de buzoseparación al S. frente a los 4 Kms. de aparente rumbo separación en tiempos hercinianos).

3. NATURALEZA DE LA INVESTIGACION METALOGENICA VERIFICADA

Los enriquecimientos filonianos de esta comarca se manifiestan, casi exclusivamente, en una sola unidad geológica, zócalo herciniano, si bien existen diferencias en la disposición o naturaleza de los diversos rellenos mineralíferos, y en la clase de roca donde arman las respectivas metalizaciones.

La presencia de estos yacimientos, como la de otros cualesquiera, responde a la acción combinada y favorable de variados factores o procesos; estos procesos metalogénicos constituyen solamente un parcial aspecto de la evolución conjunta del ámbito geológico regional. Tales factores de mineralización, podrían agruparse, en este caso particular, en dos grandes clases:

- (1) Genéticos o de origen de la mineralización filoniana (ámbito generador).
- (2) Estructurales o de circunstancias del medio ambiente rocoso, para que el mineral afluya y se concentre en cantidad y condiciones propicias a su explotación (ámbitos de transporte y deposición).

Indudablemente, los filones se han producido por precipitación de disoluciones que circulaban a favor de fallas y fracturas. La procedencia de tales fluidos metalíferos debe situarse en rocas o niveles, hoy no aflorantes; posiblemente su único reflejo, sobre la superficie actual, sean algunos de los diques que atraviesan el granito o pizarras carboníferas. Durante procesos de transformación o consolidación de estas rocas, desconocidas, se habrá verificado el aporte de metales o fracciones fluídas, que han circulado después, aprovechando las discontinuidades, para finalmente depositarse.

El conocimiento profundo de la génesis de estos criaderos, que supone el de sus ámbitos y procesos generadores, se sitúa casi siempre en la banda que

liga lo teórico con la mera hipótesis. Con todo, aunque se desconozca la causa originaria de los rellenos filonianos, éstos se presentan con mineralogía similar, coincidiendo con accidentes tectónicos de cierto tipo, y enclavados con pareja disposición en unidades geológicas bien definidas.

De acuerdo con estas observaciones, la investigación metalogénica verificada ha comprendido tres etapas de estudios diferentes. Comenzó por un reconocimiento, tan completo como fue posible, de los minerales que integran menas y gangas. Tal identificación incluyó, además, la determinación y estudio, incluso isotópico, de los elementos químicos que, de una u otra forma, intervienen en su composición, y el establecimiento de las relaciones espaciales y temporales entre constituyentes de cada mineralización, para distinguir si su coincidencia en el filón se debió a ligazones paragenéticas o a simple vecindad de yacimiento.

Todos estos trabajos, relativos a la estructura material o interna de las metalizaciones, se han complementado con el estudio detallado de las estructuras formales, o características externas de las discontinuidades tectónicas en que se manifiestan los yacimientos estudiados.

Finalmente, de las interrelaciones entre metalogenia e infraestructura geológica, se establecen consecuencias prácticas que definen las guías principales para el enfoque y planteamiento de las campañas de prospección regional.

4. DESMUESTRE METALOGENICO

En explotaciones de la región (fig. d) se han beneficiado, a lo largo de más de 2.500 años de historia minera, las siguientes substancias:

A) Pb (galenas argentíferas): extraídas de abundantes filones en unas 1.300 minas (más de 785 Km. de galerías), enclavadas en la vertiente meridional de Despeñaperros (Santa Elena, La Carolina y Linares).

B) Cu (sulfuros primarios con Fe y minerales secundarios derivados): las principales explotaciones, con carácter casi exclusivo para este metal, estuvieron enclavadas al NO. de Baños de la Encina, sobre el extremo sudoriental del granito de Los Pedroches (Salas de Galiarda, Los Escoriales, La Virgen, etc.). También los filones plumbíferos han proporcionado, principalmente en niveles someros, cantidades importantes de minerales cupríferos (filón Arrayanes, filón de El Cobre, etc.); prueba su producción la existencia local en Linares de una casa de moneda donde acuñaban, exclusivamente, ochavos de cobre.

C) Sb (estibina): sobre todo en la vertiente septentrional de Despeñaperros (Santa Cruz de Mudela, Almuradiel, etc.). Al S. las explotaciones son pocas y de menor envergadura, limitándose prácticamente a la mina San Agustín y El Contadero, al NO. del centro plumbífero de Araceli.

D) W-Sn (casiterita y wolframita): existe de estos metales, sólo un indicio: mina Bienvenida, al N. de Vilches. Su explotación, relativamente reciente, surgió y se detuvo, con impulso germano, durante la Segunda Guerra Mundial.

E) Fe: en dos tipos de criaderos. Los unos enclavados más al S. sobre Trías germano-andaluz, casi siempre en relación con el contacto entre ofitas y rocas

carbonatadas; también ocasionalmente se han aprovechado algunos óxidos en la base del Permotrías. El otro tipo de criaderos se manifiesta al NE., dentro de la prolongación oriental de Despeñaperros, en tramos del Siluriano.

Para el estudio metalogénico de este conjunto de ocurrencias metalíferas se ha verificado una toma de muestras, cuya localización original se indica sobre la fig. (d); la denominación particular de cada muestra, su naturaleza y localización geográfica se relacionan detalladamente a continuación en el Cuadro I.

Aunque originariamente se había estimado que 50 muestras serían suficientes para la realización de esta investigación, con posterioridad se consideró necesario elevar este número hasta 72, para tener plena seguridad de la validez y alcance general del estudio verificado. Aparte de ello, para elaborar las conclusiones se ha tenido también en cuenta la información metalogénica adquirida al investigar el Socavón General de Desagüe de Linares, para la Dirección General de Minas, pues con ocasión de tal reconocimiento se estudiaron otras 83 mineralizaciones plumbíferas.

CUADRO I

| DENOMINACION | MINERALIZACION | LOCALIZACION |
|--------------|---|---|
| | Esencialmente Plumbífera | DISTRITO DE LINARES |
| 118 | Filón Matababras | Bloque granítico Guarro- mán-Depresión intermedia. |
| 129/1 | ” ” | ” ” |
| 129/2 | ” ” | ” ” |
| 129/3 | ” ” | ” ” |
| 179/17 | (planta nº 21) | ” ” |
| 128 | Filón Igualdad | |
| 179/15 | ” ” (2ª planta gr.) | ” ” |
| 179/16 | ” ” (2ª planta piz.) | ” ” |
| 179/11 | Filones núms 5-6 (5ª planta) | ” ” |
| 179/12 | ” ” | ” ” |
| 179/13 | ” ” | ” ” |
| 179/2 | Filón El Cobre nº 1 (6ª Planta) | ” ” |
| 179/3 | ” ” | ” ” |
| 179/4 | ” ” | ” ” |
| 131 | Filón S. Luis | ” ” |
| 121 | Filón El Cobre nº 2 | ” ” |
| 132/1 | ” ” | ” ” |
| 132/2 | ” ” | ” ” |
| 132/3 | ” ” | ” ” |
| 179/5 | ” ” (5ª planta gr.) | ” ” |
| 179/6 | Filón El Cobre nº 2 (6ª planta piz.) | ” ” |
| 179/7 | Filón El Cobre nº 2 (7ª planta gr.) | ” ” |

| DENOMINACION | MINERALIZACION | LOCALIZACION |
|--------------|---|---|
| | Esencialmente Plumbífera | DISTRITO DE LINARES |
| 179/8 | Filón El Cobre n° 2 (6ª planta piz.) | Bloque granítico Guarro- mán-Depresión intermedia. |
| 179/40 | Filón El Cobre n° 2 (Pozo n° 5) | ” ” |
| 179/1 | Filón Barita (6ª planta) | ” ” |
| 179/9 | Filón Esmeralda (5ª planta) | ” ” |
| 179/36 | Filón n° 3 | ” ” |
| 179/37 | ” ” | ” ” |
| 179/38 | ” ” | ” ” |
| 179/39 | ” ” | ” ” |
| 119/1 | Filón San Miguel (pozo S. Vicente - 800 m.) | Bloque Central |
| 119/2 | Filón San Miguel (pozo S. Vicente - 1.000 m.) | ” ” |
| 125 | Filón Arrayanes (pozo S. Ignacio 9ª planta) | ” ” |
| 126 | Filón Arrayanes (pozo S. Guillermo 12ª planta) | ” ” |
| 134 | Filón Dasman | Pizarras al N. del Distrito. |
| 179/35 | Filón Zocueca | Granito al SO. del Distrito. |
| | | DISTRITO LA CAROLINA - STA. ELENA |
| 137 | Impregnación S. Telmo | Base Trías-Falla La Carolina. |
| 138 | Filón Los Guindos (Pozo Urbana) | Contacto Siluriano- Carbonífero. |
| 139 | Filón cruceiro Araceli (Pozo n° 5) | Carbonífero. |

| DENOMINACION | MINERALIZACION | LOCALIZACION |
|--------------|--|---|
| | Esencialmente Plumbífera | DISTRITOS LA CAROLINA SANTA ELENA |
| 179/26 | Filón Ojo-Vecino | Siluriano-Granito |
| 179/18 | Filón La Caprichosa | Contacto Siluriano- Carbonífero |
| 179/21 | Filón-impregnación Puente Génave | Contacto Siluriano-Trías |
| 179/27 | ” ” ” | ” ” ” |
| 179/27 A | ” ” ” | ” ” ” |
| | Pirito-cuprífera | DISTRITO DE LINARES |
| 130 | Travesía Matababras- Felipa | Bloque granítico- Guarromán. |
| 121 | Filón El Cobre n° 2 | “ “ |
| 179/10 | Filón Esmeralda (pozo n° 2) | “ ” |
| | | Zonas Periféricas |
| 179/19 | Filón La Virgen | N. de Andújar |
| 179/22 | ” ” ” | ” ” ” |
| 179/20 | Filón Navamorquín | NO. de Baños de la Encina |
| 179/23 | Filón Los Escoriales | ” ” ” |
| 124 | Filón Mirador (El Centenillo) | Siluriano. |
| 136 | Prolongación Filón La Memoria (Las Tinajas) | NE. del Distrito de Linares. |
| 179/31 | Mina La Romana | Estratos triásicos Nava de San Juan. |
| 179/33 | ” ” ” | ” ” ” |

| DENOMINACION | MINERALIZACION | LOCALIZACION |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | Esencialmente Cupro-niquelífera | DISTRITO DE STA. ELENA |
| 179/28 | Filón La Nube (Río Origuillo) | Granito-Siluriano |
| 123/1 | ” ” ” ” ” | ” ” |
| 123/2 | ” ” ” ” ” | ” ” |
| 123/3 | ” ” ” ” ” | ” ” |
| 123/4 | ” ” ” ” ” | ” ” |
| | | DISTRITO DE LINARES |
| 133 | Muestra rodada (Matacabras) | Bloque granítico de Guarromán |
| 122 | Niquelina (IRL) | Bailén(?). |
| | Esencialmente antimonífera | DISTRITO DE LA CAROLINA |
| 140 | Filón S. Agustín | O. La Carolina (Araceli) |
| 141 | ” ” | ” ” ” ” |
| | Esencialmente de Sn-W | ZONAS PERIFERICAS |
| 179/30 | Cerro de La Luz | Marmolejo-Pedroches |
| 179/32 | El Cándalo-Mina Bienvenida | Vilches |
| 127 | ” ” ” ” | ” |
| 135 | ” ” ” ” | ” |
| | Esencialmente ferrífera | |
| 179/24 | Base del Tr. enriquecida | |
| 179/25 | Mina Pepi (Trías-Ofitas) | Ubeda |
| 179/42 | ” ” ” ” | ” |
| 179/41 | Filón-Mina Las Lolitas | Pantano del Guadalmena |

5. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA MATERIAL DE LOS FILONES

5.1. COMPOSICION ELEMENTAL DE LAS MENAS FUNDAMENTALES

Teniendo en cuenta los antecedentes de la región se consideró que las menas mineramente más representativas eran las siguientes: Galena, blenda, pirita, calcopirita, calcosina, lollingita, mispíquel, niquelina y estibina.

De todas ellas se han seleccionado en la colección de muestras recogidas, los ejemplares más puros desde el punto de vista mineralógico, que han sido analizados en un cuantómetro.

Los resultados obtenidos han permitido distinguir la presencia significativa de 11 elementos químicos: Pb, Ag, Cu, Co, Ni, Zn, Cd, Mn, Sn, Bi y Ba, con leyes y asociaciones específicas: los 12 restantes: Be, B, Sc, V, Cr, Ga, Ge, Sr, Y, Mo, Yb, se detectan con abundancias de unas pocas p.p.m., inferiores a los límites de dosificación cuantitativa.

Los datos analíticos de mayor interés metalogénico se transcriben en los Cuadros II a V.

De su sola observación detallada pueden anticiparse ya varias conclusiones:

- A) Afinidad Pb-Ag, muy neta en las galenas.
- B) Afinidad del Co-Ni con el Cu, especialmente en las piritas y mispíquel; menor con el de minerales de Cu, calcosina, algunas calcopiritas, etc.
- C) Afinidad preferente del Sn con Fe-Cu, en las calcopiritas y piritas y

sobre todo en el mispíquel.

D) Falta de relación regular del Ba con los restantes elementos.

E) Parecida ausencia de correlaciones definidas para el Bi, mejor representado únicamente en el mispíquel y alguna pirita y calcopirita de la zona próxima al Batolito de los Pedroches.

CUADRO II

| MUESTRA | MINERAL | Pb | Ag | Cu | Co | Ni |
|---------|---------|---------|-----|-------|-----|-----|
| 141 | GALENA | | 450 | 11 | < 5 | < 5 |
| 179/1 | GALENA | | 340 | 15 | < 5 | < 5 |
| 179/2 | GALENA | | 390 | 3 | < 5 | < 5 |
| 179/3 | GALENA | | 230 | 9 | < 5 | < 5 |
| 179/5 | GALENA | | 440 | 15 | < 5 | < 5 |
| 179/7 | GALENA | | 260 | 245 | < 5 | < 5 |
| 179/13 | GALENA | | 500 | 33 | < 5 | < 5 |
| 179/15 | GALENA | | 260 | 50 | < 5 | < 5 |
| 179/16 | GALENA | | 550 | 260 | < 5 | < 5 |
| 179/17 | GALENA | | 700 | 17 | < 5 | < 5 |
| 179/18 | GALENA | | 550 | 700 | 80 | 485 |
| 179/26 | GALENA | | 420 | 250 | < 5 | < 5 |
| 138 | BLENDA | > 2.000 | 160 | 1.700 | 187 | 306 |

CUADRO III

| MUESTRA | MINERAL | Zn | Cd | Mn | Sn | Bi | Ba |
|---------|---------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| 141 | GALENA | < 20 | 9 | 20 | 13 | < 3 | < 5 |
| 179/1 | GALENA | < 20 | 10 | 19 | 30 | 32 | < 5 |
| 179/2 | GALENA | < 20 | < 6 | 12 | < 2 | 41 | < 5 |
| 179/3 | GALENA | < 20 | < 6 | 32 | < 2 | 12 | < 5 |
| 179/5 | GALENA | 100 | < 6 | 13 | 22 | 19 | < 5 |
| 179/7 | GALENA | < 20 | < 6 | < 10 | < 2 | 71 | 73 |
| 179/13 | GALENA | ~ 500 | < 6 | 48 | < 2 | 7 | < 5 |
| 179/15 | GALENA | < 20 | < 6 | < 10 | 9 | 9 | 13 |
| 179/16 | GALENA | < 20 | < 6 | < 10 | < 2 | 150 | 97 |
| 179/17 | GALENA | 64 | 9 | < 10 | 5 | 51 | < 5 |
| 179/18 | GALENA | >500 | 25 | 160 | 27 | 5 | 86 |
| 179/26 | GALENA | >500 | 17 | 49 | 20 | 7 | 5 |
| 138 | BLENDAS | — | 500 | 1.800 | 20 | 3 | 5 |

CUADRO IV

| MUESTRA | MINERAL | Pb | Ag | Cu | Co | Ni |
|---------|-------------|---------|-----|-------|-------|--------|
| 133 | CALCOSINA | 1.500 | 340 | | 127 | 430 |
| 179/28 | LOLLINGITA | 320 | 1 | 127 | < 5 | 44 |
| 179/8 | CALCOPIRITA | 350 | 64 | | 71 | 460 |
| 179/10 | CALCOPIRITA | 144 | 10 | | < 5 | 25 |
| 179/11 | CALCOPIRITA | 1.250 | 190 | | < 5 | 26 |
| 179/23 | CALCOPIRITA | 164 | 2 | | < 5 | < 5 |
| 138 | PIRITA | > 2.000 | 116 | 480 | 235 | 300 |
| 179/4 | PIRITA | 167 | 9 | 350 | < 5 | 7 |
| 179/8 | PIRITA | 103 | 44 | 8.500 | 9.600 | 1.400 |
| 179/15 | PIRITA | > 2.000 | 310 | 8.000 | 3.700 | 11.700 |
| 179/32 | MISPIQUEL | 5.400 | 14 | 5.300 | 170 | 395 |
| 123 | NIQUELINA | 300 | 50 | 172 | 2.900 | |
| 140 | ESTIBINA | 300 | 1 | 2.000 | < 5 | 30 |

CUADRO V

| MUESTRA | MINERAL | Zn | Cd | Mn | Sn | Bi | Ba |
|---------|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 133 | CALCOSINA | 100 | 6 | 70 | 41 | 34 | 73 |
| 179/28 | LOLLINGITA | 20 | | 106 | 29 | 11 | 5 |
| 179/8 | CALCOPIRITA | < 20 | 7 | 245 | 590 | < 3 | 5 |
| 179/10 | CALCOPIRITA | < 20 | < 6 | 125 | 2.800 | < 3 | 5 |
| 179/11 | CALCOPIRITA | < 20 | < 6 | 160 | 5.000 | < 3 | 5 |
| 179/23 | CALCOPIRITA | < 20 | < 6 | 1.000 | 3.200 | 2.200 | 5 |
| 138 | PIRITA | > 500 | 50 | 17 | 5 | 6 | 5 |
| 179/4 | PIRITA | < 20 | < 6 | 1.160 | 3 | 5 | 5 |
| 179/8 | PIRITA | < 20 | 60 | 84 | 26 | 54 | 5 |
| 179/15 | PIRITA | 150 | ~ 600 | < 10 | 36 | 128 | 1.000 |
| 179/32 | MISPIQUEL | 4.000 | | 7.600 | 25.000 | 630 | 63 |
| 123 | NIQUELINA | 270 | | < 10 | < 2 | < 3 | < 5 |
| 140 | ESTIBINA | < 20 | 10 | < 10 | < 2 | < 3 | 7 |

5.2. COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS MUESTRAS FILONIANAS

Los estudios mineralógicos se han efectuado, como norma, al microscopio, con luz reflejada y transmitida, basando las determinaciones en observaciones visuales y en mediciones de microdureza y reflectividad con microdurómetro y microrreflectómetro MPV-Leitz. Cuando un componente mineral, por su exíguo tamaño o por su comportamiento óptico equivalente presentaba dificultades para ser reconocido, los estudios se han complementado con pruebas microquímicas y análisis en la microsonda de CASTAIGN.

Las 49 especies reconocidas, ordenadas y agrupadas para mayor claridad por elementos e importancia relativa, han sido las siguientes:

5.2.1. Minerales de Pb.

Consisten en asociaciones del plomo con el azufre y antimonio. Están presentes:

- Galena (PbS), que constituye con algo de cerusita (PbCO_3) y anglesita (PbSO_4) secundarias, la mena principal.
- Boulangerita ($\text{Pb}_5 \text{Sb}_4 \text{S}_{11}$)

5.2.2. Minerales de Ag.

También sulfuros y sulfoantimoniuros como:

- Polibasita ($\text{Ag}_{16} \text{Sb}_2 \text{S}_{11}$)
- Pirargirita ($\text{Ag}_3 \text{SbS}_3$)
- Argentita ($\text{Ag}_2 \text{S}$)
- Freibergita (sulfoantimoniuros de Ag y Cu).

5.2.3. Minerales de Zn.

Únicamente se ha detectado su sulfuro:

- Blenda (ZnS)

5.2.4. Minerales de Cu.

- #### 5.2.4.1. Simples: Consisten en sulfuros, sulfoantimoniuros, óxidos y algunos derivados por intemperismo:

- Covelina (Cu S)
- Calcosinas (Cu₂S)
- Digenita (S₅ Cu₉)
- Tetraedrita (Cu S Sb)
- Cuprita (CuO₂)
- Tenorita (CuO)
- Cobre nativo
- Azurita y malaquita, carbonatos básicos hidratados procedentes de transformaciones supergénicas.

5.2.4.2. Asociados con Fe: Siempre son sulfuros dobles:

- Calcopirita (Fe Cu S₂)
- Bornita (Fe₂ Cu S₃)
- Cubanita (Fe Cu₅ S₄)

5.2.5. Minerales de Ni-Co.

Estos metales se presentan asociados con el Cu o el Fe, formando sales mixtas con el azufre, arsénico y antimonio:

- Niquelina (Ni As)
- Bravoíta (Ni Fe S₂)
- Ullmannita (Sb Ni S)
- Linneíta ((Co Ni Fe Cu)₃ S₄)
- Lollingita ((Co Ni Fe) As₂)

5.2.6. Minerales de Fe.

Representados por sulfuros, sulfoarseniuros, e hidróxidos o sulfatos hidratados de génesis descendente:

- Pirita (Fe S_2)
- Marcasita (Fe S_2)
- Pirrotina (Fe S)
- Mispíquel (Fe S As)
- Lepidocroita (Fe O OH)
- Goethita (Fe O OH)
- Jarositas, sulfatos hidratados de Fe con K, Na, Pb, Ag, etc.

5.2.7. Minerales de Sn-W.

- Casiterita (Sn O_2)
- Wolframita (Mn Fe WO_4)
- Estannina ($(\text{Cu}_2 \text{ Fe Sn}) \text{S}_4$)

5.2.8. Minerales de Sb.

Aparte de los compuestos ya mencionados en que no interviene como metal, se ha observado:

- Estibina ($\text{Sb}_2 \text{S}_3$)

5.2.9. Minerales de Bi.

- Bismuto nativo (Bi)
- Bismutina ($\text{Bi}_2 \text{S}_3$)
- Emplectita ($(\text{Bi Cu}) \text{S}_2$)
- Cosalita ($(\text{Bi}_2 \text{Pb}_2) \text{S}_5$)

5.2.10. Minerales no Metálicos.

- Ankeritas (Carbonatos de Ca, Mg y Fe)
- Calcita (Ca CO_3)

- Microcuarzo y calcedonia (SiO_2)
- Baritina (Ba SO_4)
- Fluorita (Ca F_2)

5.3. COMPOSICION ISOTOPICA DE LAS GALENAS

5.3.1. Generalidades.

Los estudios han comprendido la determinación de relaciones isotópicas en el azufre y plomo de galenas.

Tales determinaciones se han acometido con doble finalidad. Por una parte, por su interés metalogénico general, se encaminan a la adquisición de datos sobre la evolución geoquímica de los elementos precitados, y, en consecuencia, al esclarecimiento de la posible uniformidad o inhomogeneidad de los procesos metalogénicos, responsables del establecimiento de los filones estudiados. Dilucidar la unicidad de los rellenos plumbíferos tiene una aplicación práctica inmediata, segundo objetivo de las determinaciones isotópicas, que se expone a continuación.

Según se ha citado y se volverá a comentar en 6.1.1., existe tradición local de la presencia, en los filones, de bandas horizontales de esterilidad a cotas más o menos fijas. Tales empobrecimientos podrían responder, bien a motivaciones tectónicas, por estrechamientos o quiebrros del espacio rellenable, etc., bien a la coincidencia espacial, en una misma grieta, de varias metalizaciones con galena, dispuestas, de forma tal, que no interfieran entre sí los respectivos intervalos de deposición del SPb. Si esta última hipótesis se confirmara, revestiría singular importancia la caracterización de las diferentes avenidas plumbíferas, pues su reconocimiento permitiría pronosticar, justificadamente, el potencial en profundidad de filones parcialmente explotados. Además, ni química ni mineralógicamente se notó, en los trabajos reseñados anteriormente, diferencia acusable entre muestras estudiadas, correspondientes a los diferentes niveles mineros de explotación.

5.3.2. Relación de las Muestras Estudiadas.

Las galenas analizadas isotópicamente son:

| <u>DENOMINACION</u> | <u>LOCALIZACION</u> |
|---------------------|---|
| 141 | Filón El Piñón (Granodiorita Sta. Elena) |
| 179/1 | Filón Barita (6 ^a Planta) - La Cruz |
| 179/2 | Filón El Cobre n° 1 (6 ^a Planta-granito) |
| 179/3 | " " " " " " " |
| 179/5 | " " " 2 (5 ^a Planta-pizarras) |
| 179/7 | " " " " (7 ^a Planta-granito, Pozo n° 5) |
| 179/13 | Filones n° 5-6 (5 ^a Planta, Pozo n° 3) |
| 179/15 | Filón Igualdad (2 ^a Planta-granito) |
| 179/16 | " " " " pizarra) |
| 179/17 | " Matacabras (21 ^a Planta-granito) |
| 179/18 | " La Caprichosa (Siluriano al E. de La Carolina) |
| 179/26 | " Ojo Vecino (La Carolina-Santa Elena) |

5.3.3. Análisis Isotópicos del Azufre.

La frecuencia normal en el S de los dos isotópos aquí considerados suele ser: $^{32}\text{S} = 95 \%$, $^{34}\text{S} = 4,2 \%$. La relación entre ambas ocurrencias, denominada σ , puede experimentar cambios concomitantes con la evolución geoquímica, por lo que σ varía en la Naturaleza entre 20,9 y 23,1. No se acusan, por el contrario, variaciones por mero envejecimiento, ni durante el transcurso de los procesos hidrotermales.

En el azufre de los meteoritos, $\sigma = 22,1 - 22,2$; por tanto se considera esta cifra, característica de sulfuros procedentes de magmas auténticamente juveniles. La oxidación enriquece al S en isótopos pesados, disminuyendo σ .

5.3.3.1. Método analítico: Los análisis se han practicado sobre muestras de 20 mg. molidas a 250μ , desgasificadas durante varias horas a 100°C . Cada muestra se ha tostado en horno de cuarzo a 1.300°C , bajo atmósfera de oxígeno puro N-48; los gases sulfurosos extraídos se han purificado después, a través de filtros con nitrógeno líquido, isopentano y nieve carbónica, para eliminar sucesivamente el exceso de oxígeno, CO y CO_2 eventuales, y el vapor de agua.

El análisis de isótopos se ha verificado con espectrómetro THOMSON-HOUSTON 204, utilizándose, como contraste, gas sulfuroso MERCK, tarado previamente con el patrón internacional (troilita del meteorito del Cañón del Diablo con $\sigma = 22,22$).

Al ser muy pequeñas las variaciones naturales de composi-

ción isotópica, los resultados no se expresan directamente por valores σ , sino por los del parámetro

$$\delta \text{ }^{34}\text{S} \% = 10^3 \times \left[\frac{^{34}\text{S}/^{32}\text{S}}{1/22,22} - 1 \right]$$

5.3.3.2. Resultados obtenidos: Los valores de $\delta \text{ }^{34}\text{S} \%$, estimados con error analítico posible de un $\pm 0,2 \%$, han sido los siguientes:

CUADRO VI

| <u>DENOMINACION DE LA MUESTRA</u> | <u>$\delta \text{ }^{34}\text{S} \% (\pm 0,2)$</u> |
|-----------------------------------|---|
| 141 | + 0,6 |
| 179/1 | - 0,4 |
| 179/2 | - 2,1 |
| 179/3 | - 1,7 |
| 179/5 | - 0,4 |
| 179/7 | - 0,8 |
| 179/13 | - 2,1 |
| 179/15 | - 2,0 |
| 179/16 | - 2,0 |
| 179/17 | - 0,4 |
| 179/18 | - 0,5 |
| 179/26 | - 0,0 |

Su observación (fig. e) permite hacer las siguientes consideraciones:

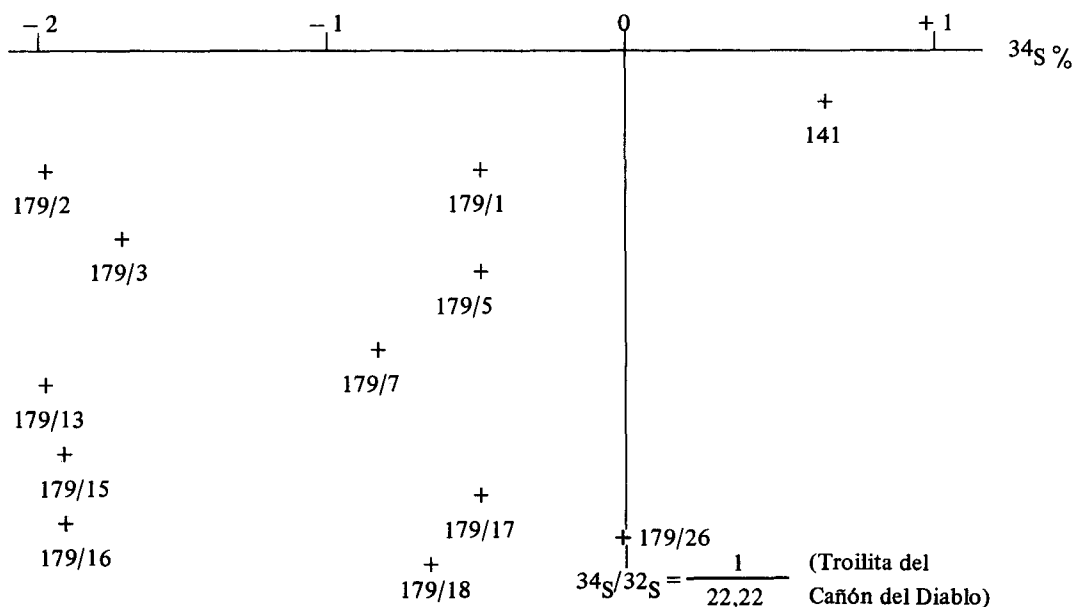


Figura e

A) Las variaciones de $\delta^{34}\text{S} \%$, respecto al patrón, son de pequeña amplitud y responden, casi siempre, a ligero empobrecimiento en el isótopo pesado.

B) La proximidad de las $\delta^{34}\text{S} \%$ al patrón magmático indica el carácter endógeno de las mineralizaciones.

C) Se distingue una tendencia de las $\delta^{34}\text{S} \%$ a agruparse en dos familias. Una "A", cercana al $\delta = 0$, (141, 179/1, 179/5, 179/7, 179/17, 179/18, 179/26); la otra, "B", próxima al nivel (-2), (179/2, 179/3, 179/13, 179/15, 179/16).

D) La familia "A" incluye fundamentalmente las muestras más septentrionales, tomadas en los Distritos de La Carolina-Santa Elena; las "A" de Linares son las relativas a filones fallados nuevamente después del Trías (abundante barita), y la muestra tomada a mayor profundidad (540 metros).

E) La familia "B" agrupa las restantes muestras, sin que se aprecien relaciones entre $\delta^{34}\text{S} \%$ por una parte, y la cota de la muestra, su mineralogía, o la litología de la roca encajante por otra.

F) Posiblemente las muestras "B" reflejen mejor la composición isotópica original. El enriquecimiento relativo de las "A" en isótopos pesados puede explicarse por simple oxidación, ya se comentará en el apartado nº 6.1.2., originada por avenidas silíceo-cupríferas y de barita, que han sido lógicamente más profusas en los filones más distendidos.

5.3.4. Análisis Isotópicos del Plomo.

La determinación de relaciones isotópicas en el Pb, además de proporcionar datos sobre la evolución regional geológico-metalogénica, parejos a los suministrados por los estudios del azufre, puede facilitar información sobre la edad de los procesos mineralizadores.

Las relaciones isotópicas aquí consideradas α , β y γ corresponden, respectivamente, a las de los plomos radiogénicos ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb con el ^{204}Pb .

Si la separación del plomo filoniano del sistema terrestre Pb - U - Th, común y único, coincidiera temporalmente con el establecimiento de

las mineralizaciones, la época "t" de metalización podría fijarse aplicando la conocida fórmula:

$$\frac{\beta - \beta_0}{\alpha - \alpha_0} = \frac{235\text{U}}{238\text{U}} \cdot \frac{e^{\lambda't_0} - e^{\lambda't}}{e^{\lambda t_0} - e^{\lambda t}}$$

donde "t₀" es la edad de la Tierra, λ y λ' las constantes de desintegración del ²³⁸U y ²³⁵U, y α₀ y β₀, las relaciones isotópicas del Pb en el sistema original primitivo.

Las simplificaciones de partida impuestas a este modelo (HOLMES-HOUTERMANS) le suelen restar generalidad. Por ello, los datos isotópicos del Pb se han analizado también teniendo en cuenta los trabajos de E. R. KABASEWICH. Este autor ha calculado la evolución conjunta de α y β cuando los Pb, de acuerdo con las hipótesis anteriores, hayan pertenecido exclusivamente desde "t₀" al sistema primitivo terrestre Pb - U - Th. La comparación de los datos reales con este patrón evolutivo permite distinguir otras familias plumbíferas, que, en el transcurso de su evolución (separación de Pb en fluidos, transporte y deposición), hayan experimentado, por contaminación, cambios en sus relaciones isotópicas naturales.

5.3.4.1. Método analítico: Los análisis se han efectuado, tras solubilizar el Pb como nitrato, en espectrómetro de masa C.S.F. tipo SM 400 B (30 cm. de radio de curvatura), equipado de una fuente de energía con filamentos de tantalio y colector multiplicador de electrones.

Como activador de emisión se ha empleado una solución saturada de ácido bórico.

Los "picos" de medición, indicadores de contenidos isotópicos, así como las relaciones α, β, y γ, se han evaluado en ordenador IBM 7.044 - 1.041.

5.3.4.2. Resultados Obtenidos: Los valores de α, β, y γ obtenidos, junto con los errores tipo de medición se indican en el Cuadro VII.

La fig. f indica las α - β, de las galenas estudiadas, que muestran una correlación común de carácter lineal, comparándolas con la banda y recta media α - β de plomos "normales".

Se comprueba que la composición isotópica de los Pb ana-

CORRELACION ISOTOPICA (Pb)

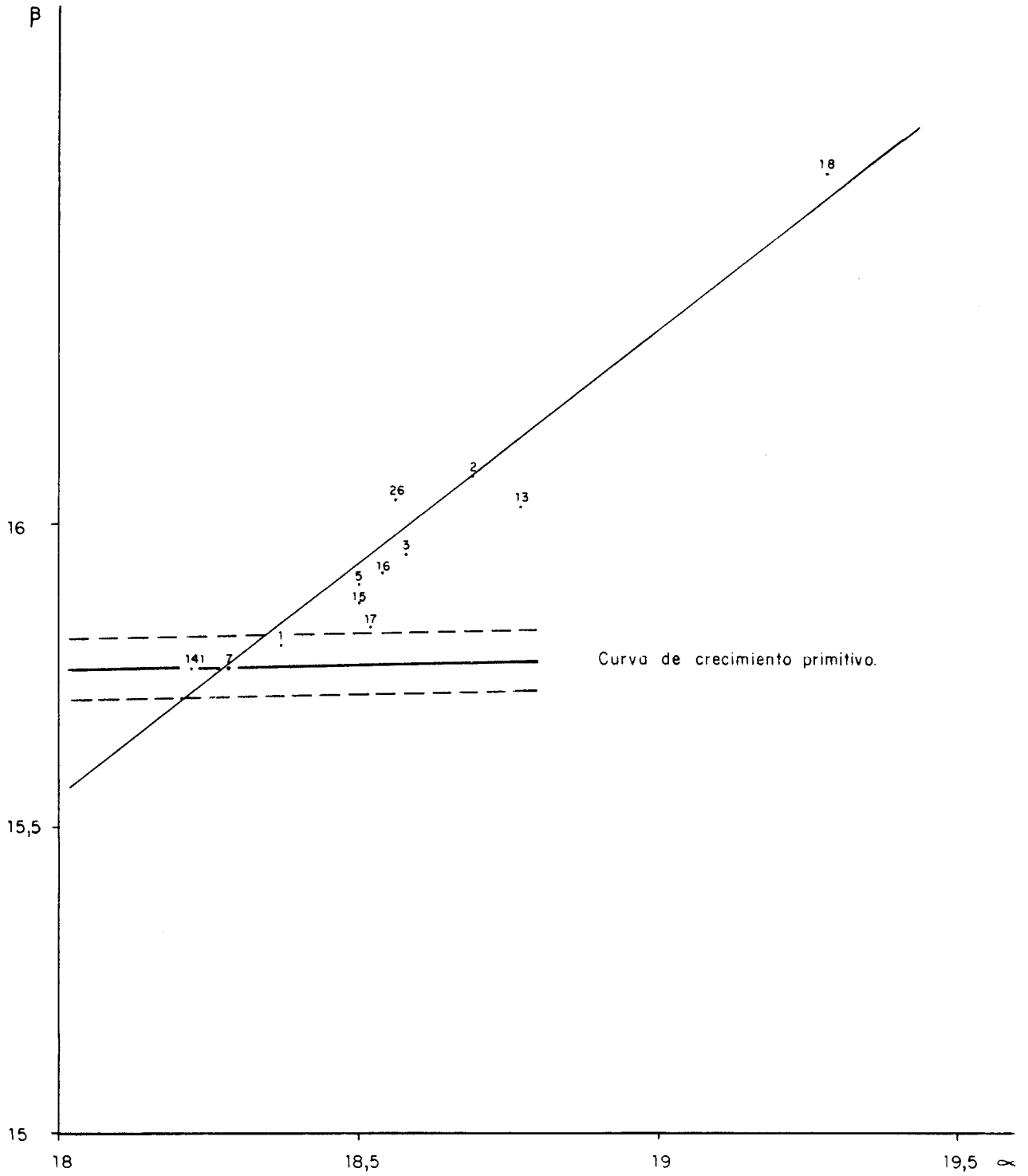


Fig. f

lizados, no corresponde, en general, a la de plomos “primitivos”, sino que aquéllos, bien al generarse los fluidos o durante su movilidad geoquímica del foco originario al emplazamiento filoniano, bien por aportes metalíferos posteriores (Cu con algo de uranio posiblemente), han experimentado enriquecimiento en isótopos radiogénicos.

CUADRO VII

| DENOMINACION DE LA MUESTRA | $\alpha = 206\text{Pb}/204\text{Pb}$ ± error tipo | $\beta = 207\text{Pb}/204\text{Pb}$ ± error tipo | $\gamma = 208\text{Pb}/204\text{Pb}$ ± error tipo |
|----------------------------|--|---|--|
| 141 | 18,225 ± 0,081 | 15,756 ± 0,068 | 38,678 ± 0,151 |
| 179/1 | 18,372 ± 0,080 | 15,801 ± 0,065 | 38,992 ± 0,164 |
| 179/2 | 18,694 ± 0,075 | 16,080 ± 0,060 | 38,788 ± 0,155 |
| 179/3 | 18,580 ± 0,074 | 15,948 ± 0,060 | 39,273 ± 0,150 |
| 179/5 | 18,504 ± 0,057 | 15,897 ± 0,055 | 39,062 ± 0,129 |
| 179/7 | 18,285 ± 0,066 | 15,765 ± 0,049 | 38,834 ± 0,116 |
| 179/13 | 18,768 ± 0,059 | 16,035 ± 0,043 | 39,231 ± 0,097 |
| 179/15 | 18,503 ± 0,081 | 15,869 ± 0,090 | 39,417 ± 0,218 |
| 179/16 | 18,545 ± 0,070 | 15,925 ± 0,063 | 39,199 ± 0,159 |
| 179/17 | 18,525 ± 0,079 | 15,829 ± 0,067 | 39,035 ± 0,140 |
| 179/18 | 19,282 ± 0,084 | 16,585 ± 0,068 | 40,967 ± 0,173 |
| 179/26 | 18,556 ± 0,057 | 16,041 ± 0,050 | 39,318 ± 0,106 |

Las muestras 141, 179/1, 179/7, 179/17 caen dentro de la franja de “normalidad”: son por tanto, las menos contaminadas. Consideramos que las intersecciones de la recta real α - β con la franja primitiva-teórica de KABASEWICH, proporciona los pa-

res de valores α β más apropiados para calcular, según HOLMES-HOUTERMANS, la época inicial de liberación del Pb filoniano de Linares.

Sobre la figura g se relacionan los parámetros referentes a análisis isotópicos del azufre, (δ) y plomo (α) de las doce galenas estudiadas. La coordinación de datos revela la consanguinidad de las metalizaciones, más estrecha en las muestras 179/2, 3, 13, 15 y 16, pertenecientes a filones del campo de Linares y poco afectados por movilidad tectónica postherciniana, tras la metalización plumbífera.

Entre las conclusiones de interés práctico, que se desprenden de lo anterior, cabe destacar las siguientes:

A) La edad del Pb $247 - 280 \times 10^6$ años, sitúa su época de individualización entre el Carbonífero Estefaniense - Permiano medio.

B) En relación a la posible distinción isotópica de niveles plumbíferos, no se aprecian diferencias señaladas en el Pb como para caracterizarlos, sino una variabilidad más bien familiar, tal como manifiesta, por ejemplo, la correlación de α β según una alineación recta.

C) Por el contrario, el azufre de la galena más profunda se distingue del de muestras suprayacentes, tomadas en el mismo filón, si bien como se ha expuesto, los cambios de composición en el S suelen responder más a fenómenos de cambio químico (oxidación-reducción), que a diferencias de edad.

D) Dado que comprobaciones de carácter estadístico debieran respaldar la validez de todas estas consideraciones, convendría, tal vez, insistir en el futuro con nuevos análisis, sobre pares de muestras, unas profundas (> 500 m.), las otras someras (> 200 m.).

CORRELACION ISOTOPICA (Pb-S)

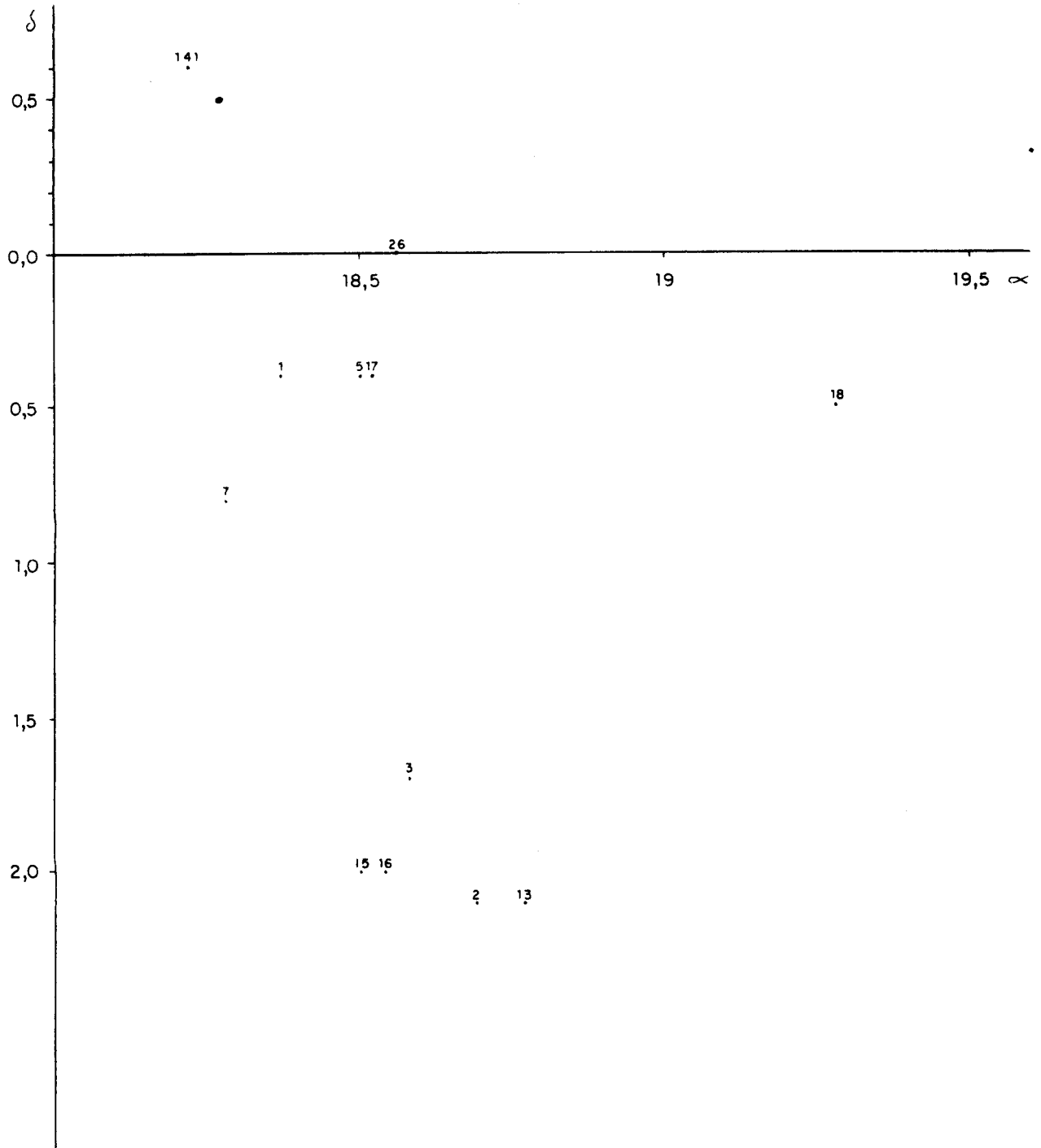


Fig. 9

6. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA FORMAL DE LOS FILONES

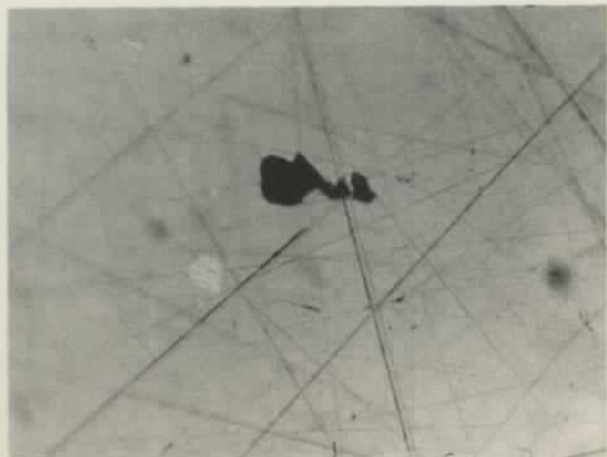
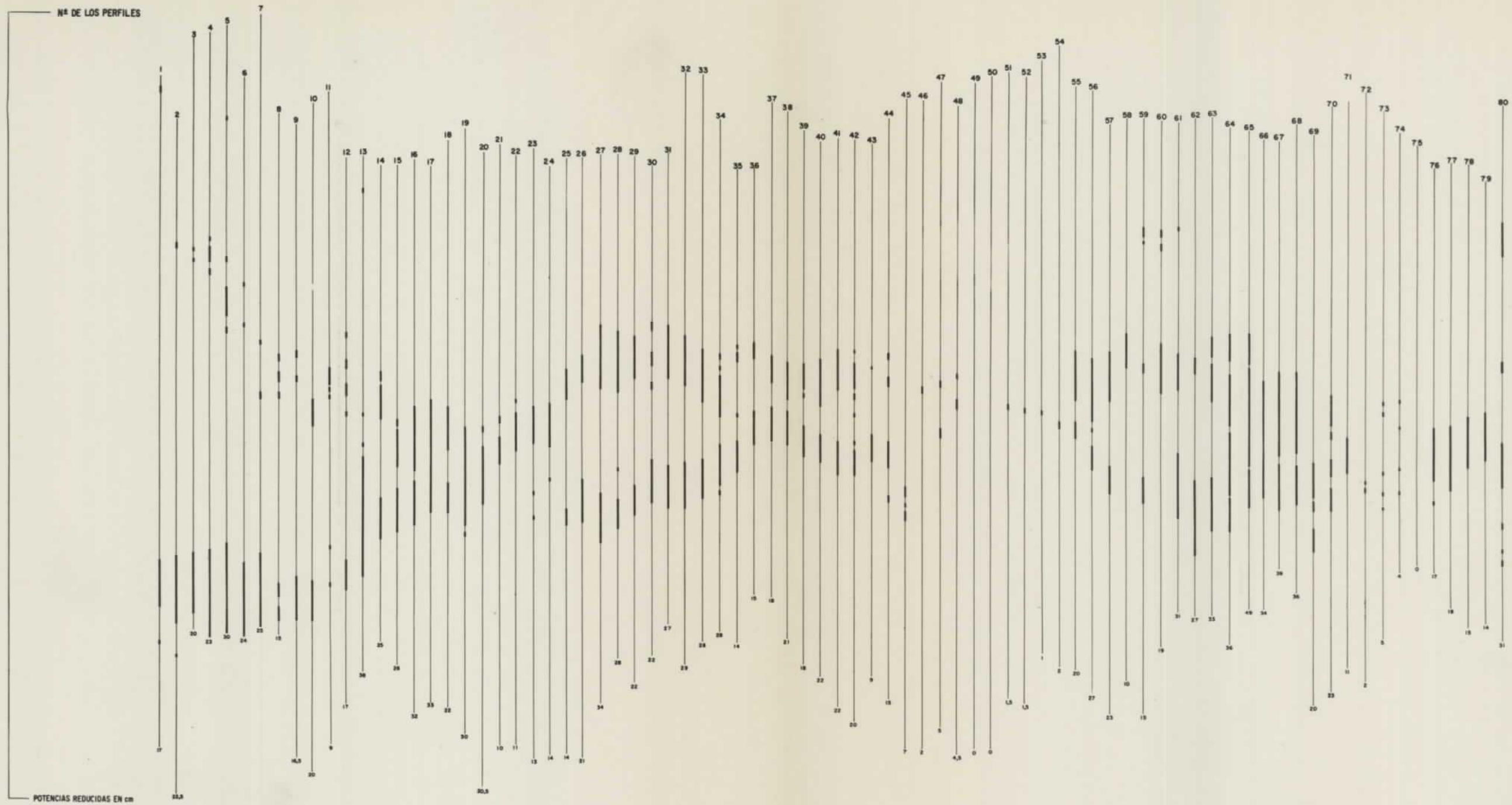
6.1. TEXTURA INTERNA DE LOS RELLENOS

6.1.1. Observaciones Macroscópicas de las Condiciones de Yacimiento.

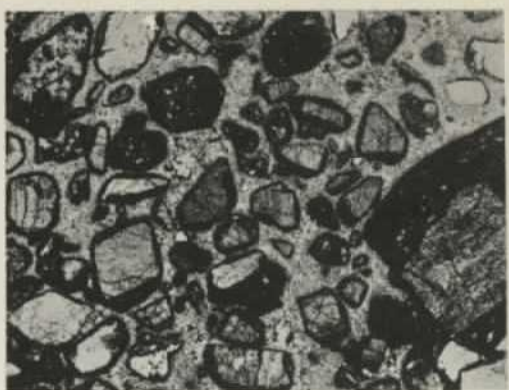
Las mineralizaciones se concentran, dentro de la unidad filoniana, en ámbitos enriquecidos de forma lenticular. En cada uno de estos “árboles” (a veces sin predominio vertical en su desarrollo, como tal vocablo parecería indicar), la metalización de galena suele disponerse en forma vetada, originariamente bastante continua (fig. h). Sin embargo, fenómenos de movilidad tectónica, ocasionados en fases posteriores a la cristalización del SPb, han podido interrumpir la continuidad primitiva de las vetas, dispersando al mineral, en forma brechoide muy compleja (fig. i), dentro de algunos cuerpos metalíferos.

Respecto al alcance en profundidad de las mineralizaciones, su envergadura produce asombro y, en repetidas ocasiones, motivó pronósticos erróneos sobre la inexistencia subyacente de metalización, cuya presencia la tenacidad de los mineros se encargó de patentizar. Sin embargo, ello no significa continuidad perfecta de los rellenos plumbíferos, sino que en cada veta se aprecian intervalos, según la vertical y la horizontal, dentro de las cuales la metalización plumbífera, unas veces, otras, la mineralización acompañante (e incluso ambas si el espacio filoniano estrecha), se muestran muy pobres.

Es hecho admitido tradicionalmente, según se ha comentado en 5.3.1., que los filones, productivos en general casi desde superficie, se esterilizan a ciertas cotas. El empobrecimiento más somero solían decir que se situaba entre los 150-200 metros de profundidad. Al aumentar ésta parece que comunmente encontraban otra banda pobre en Pb, entre los 350-400 metros, sustituida por otra nueva



Microfotografía
de un tramo
metalizado



Microfotografía
de un tramo
metalizado

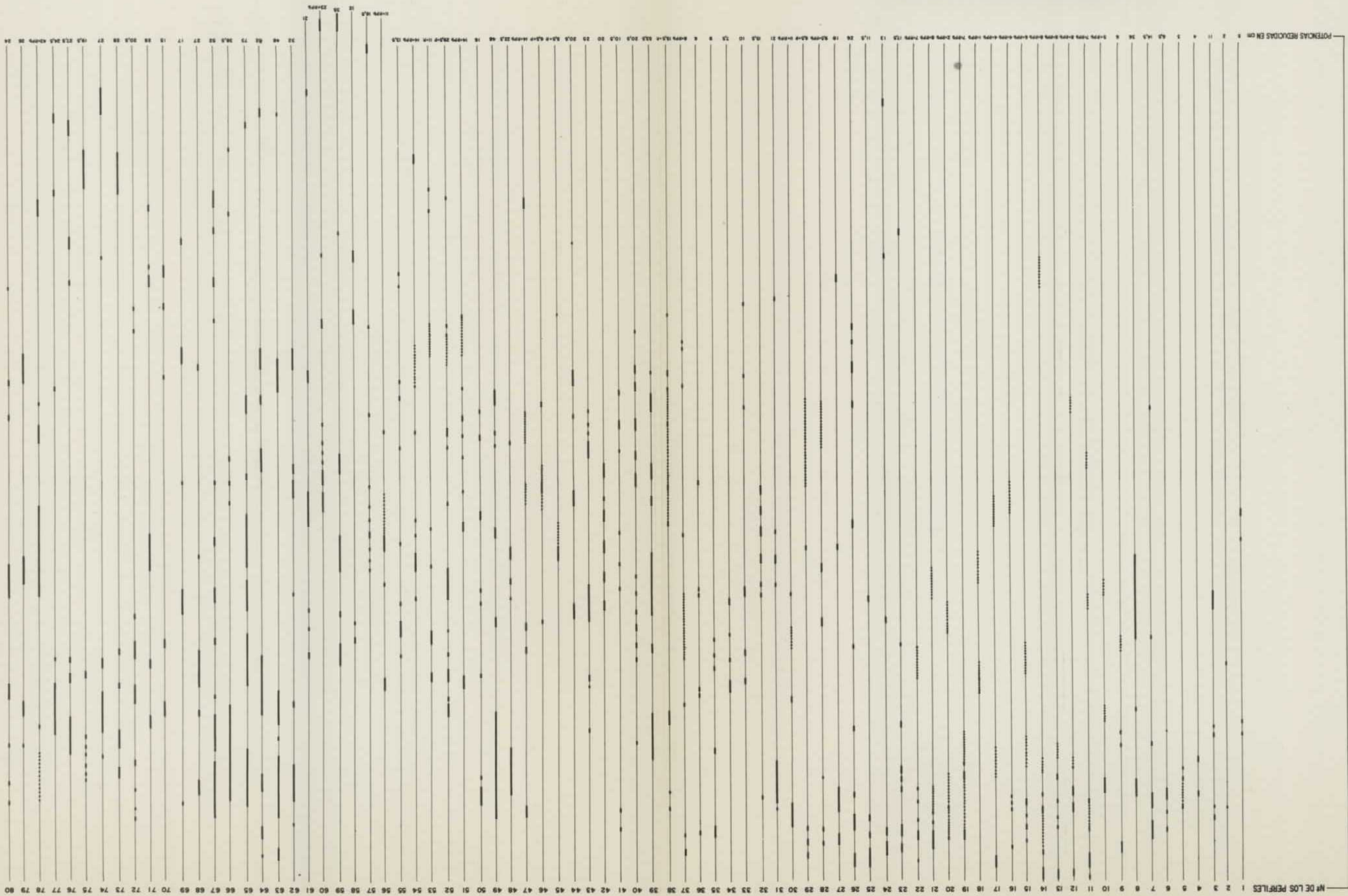


Fig. 1

zona filoniana de gran riqueza antes de los 500, que proseguía hasta los 600-700 metros.

Incluso a mayores profundidades, la mineralización, según hemos podido comprobar, no se interrumpe, sino que es la fractura, en que se aloja el relleno filoniano, la que se estrecha hasta quedar el filón reducido a simple vetilla de pocos cm. de potencia, pero con metalización casi exclusivamente, plumbífera.

6.1.2. Contextura Microscópica.

Las observaciones al microscopio de las relaciones de mútua vecindad y secuencia depositiva de los componentes filonianos Pb, concuerdan perfectamente con las verificadas a simple vista, y pueden resumirse así:

- Las ankeritas son el primer mineral depositado; las pizarras encajantes han experimentado reacciones marginales con los aportes carbonatados, formándose sericita, clorita y algo de biotita microlaminar.

Posterior a las ankeritas es la mineralización plumbífera, representada por los sulfuros y sulfoantimoniuros de Pb - Ag. Los minerales de Ag, ligados a los de Pb, aparecen siempre incluídos en la galena (microfotografía I fig. k), a la que confieren marcado anisotropismo. Estas inclusiones motivan, al parecer, las bajas reflectividades denotadas con altas longitudes de onda, mucho más acusadas puesto que las de baja longitud son relativamente considerables, (fig. j), todo ello con práctica independencia de la profundidad de yacimiento de la galena estudiada.

Coexiste también con la galena algo de blenda, cristalizada antes que los compuestos del Pb; sus cristales corroídos suelen encontrarse inmersos en minerales de Pb (microfotografía II, fig. k).

En fase posterior a la mineralización plumbífera, y tras fracturación y deformación tectónica de las ankeritas y galenas, afluyen los fluídos responsables de la metalización cuprífera. La calcopirita, con algo de blenda en exolución, se presenta corroyendo la periferia de galena y ankeritas, o aprovechando para su emplazamiento, bien los contactos entre ambos minerales, bien cruceros y fisuras de los mismos; los otros compuestos de Cu, Covelina, Calcosina Tetraedrita, Bornita, etc., aparecen siempre en los bordes externos de la calcopirita, substituyéndola (microfotografía III, fig. k).

Se depositan tras estos sulfuros de Cu, los de Fe, seguidos a su vez de los minerales de Ni-Co. En primer lugar cristalizó la pirrotina, sustituida posteriormente, casi en su totalidad, por marcasita y pirita, a veces con algunos minerales de Sn (microfotografía V, fig. k) y Bi. Por su parte, la bravoíta y sulfoarseniuros de Fe, Ni, Co, se manifiestan como minerales más tardíos, situados periféricamente

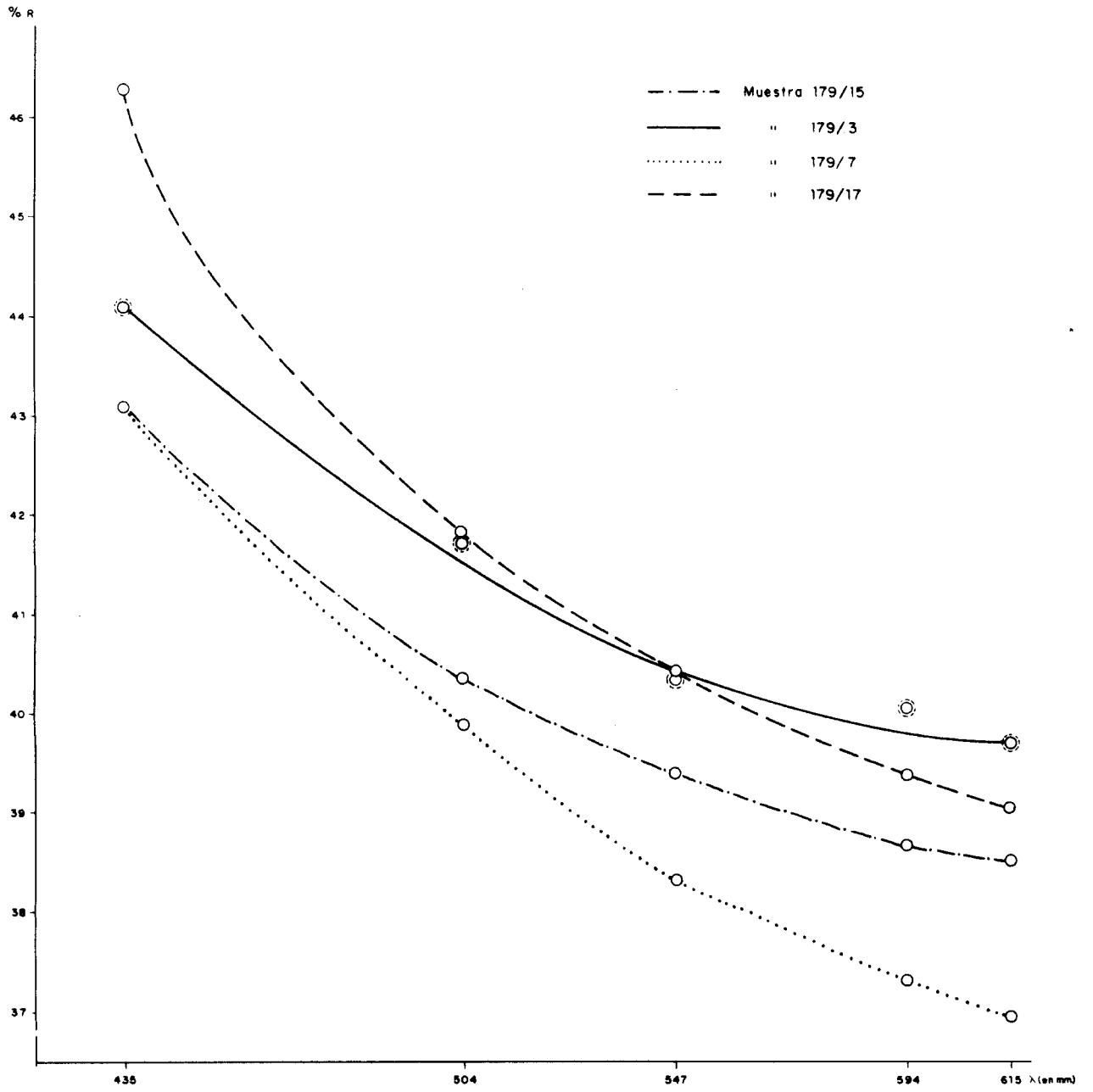
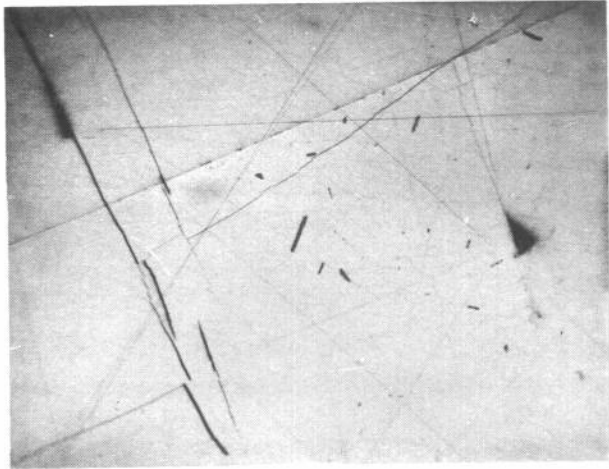
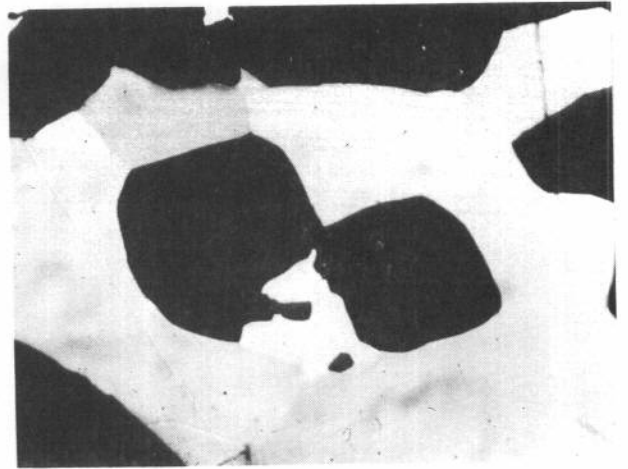


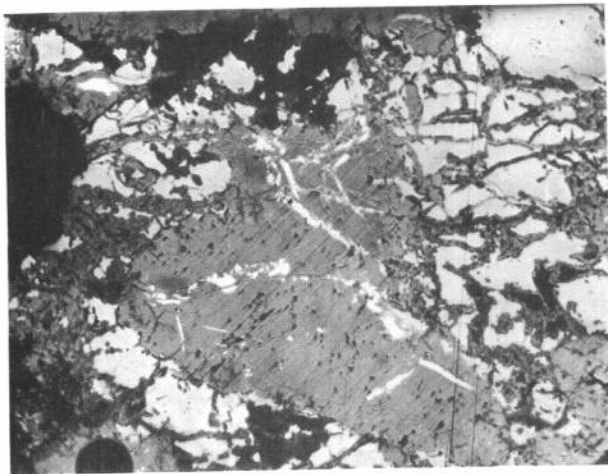
Fig. j



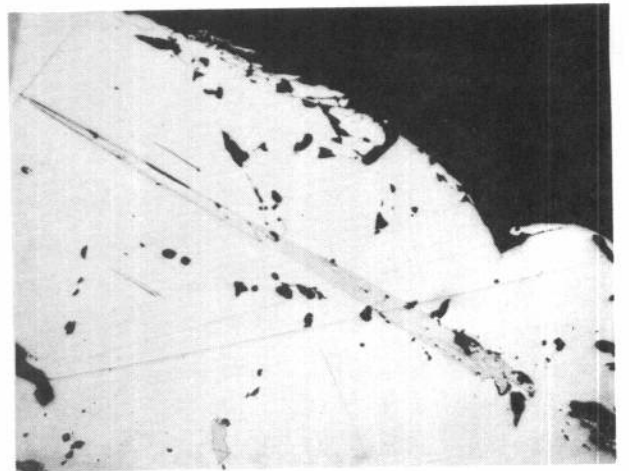
I



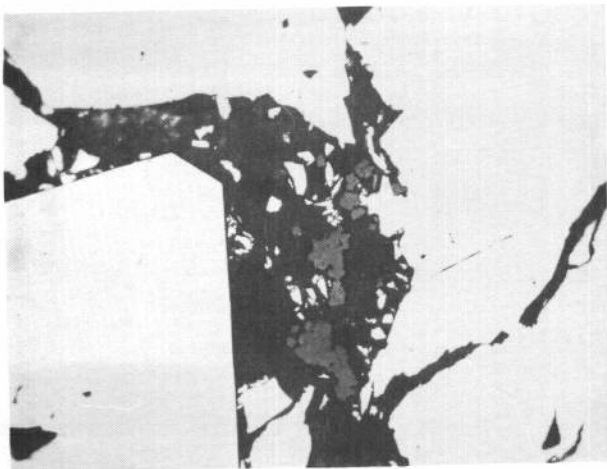
II



III



IV



V



VI

respecto a las piritas (microfotografía IV, fig. k). El mispíquel es el mineral con el que suelen mostrar mayor correlación los de W-Sn-Bi, si bien en ámbitos más bien ajenos a manifestaciones plumbíferas (microfotografía VI, fig. k). Todo el conjunto de aportes de Cu, Fe, etc., va acompañado, en su deposición, de ganga esencialmente silíceo y microcristalina. La temperatura de la avenida metalífera con Cu, superior a la de los minerales de plomo, afecta a los equilibrios establecidos con anterioridad, de forma que la calcedonia aportada, o bien SiO_2 extraído de las rocas encajantes, libera, al atacar a los carbonatos ankeríticos, cationes Ca, que cristalizan posteriormente como calcita estéril, y cationes Mg, Fe, que con algo de la sílice extraída se convertirán en masas microlaminares de clorita y sericita. También, a veces, el paso y ataque de los fluidos silíceos motiva la alteración de la galena a carbonato o sulfato de Pb, lo cual explicaría la oxidación, poco intensa pero presente, a profundidades desacostumbradas (> 500 m.).

En fase muy posterior, se produce otra brechificación de los filones, con aparición de nuevos espacios que la baritina, último aporte hidrotermal, rellena. En algunas zonas no se aprecia la existencia de esta mineralización de bario, sino un nuevo aporte con deposición de calcita, algo de sílice, y fluorita.

Finalmente, calcitas descendentes, sin muestra de deformación tapizan los huecos aún existentes.

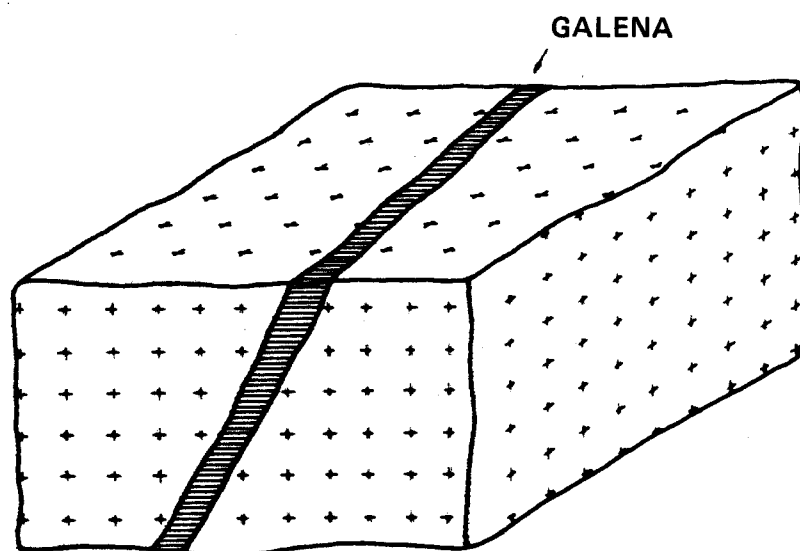
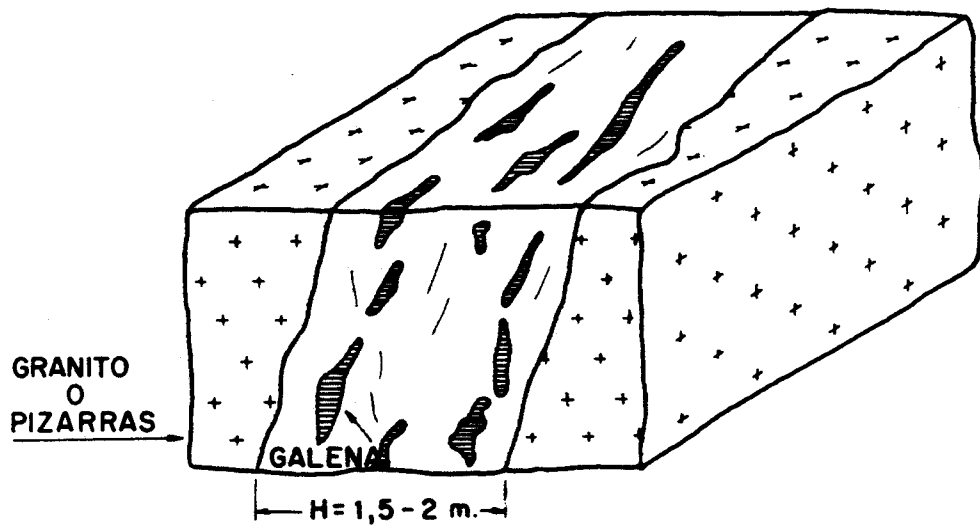
6.1.3. Contextura Geo-económica de los Rellenos Filonianos.

El contenido en Pb de un cuerpo filoniano de los habituales en los tres Distritos estudiados, se indica con claridad mediante el valor de dos variables, representativas de su valor minero:

- A) Riqueza media, es decir promedio de los contenidos en metal por unidad de volumen.
- B) Cuantía del volumen metalizado, o, lo que es similar, reservas totales que contiene.

En Linares-La Carolina-Santa Elena, se ha venido utilizando como parámetro para valorar las vetas metalíferas, en virtud de su fácil reconocimiento visual, que no medición, la potencia reducida en galena de los filones.

Potencia reducida, es el espesor de una veta ficticia, en la cual se reagrupa localmente, sin intercalación o acompañamiento de estéril, toda la galena que en el filón real se presenta repartida irregularmente entre la ganga del relleno (fig. 1). La potencia media real de las zonas de fractura, dentro de las cuales están incluídas las metalizaciones, suele ser, en el granito o las cuarcitas, de unos 2 me-



Potencia Reducida h(m)

Fig. 1

tros; el 89 por 100 de las potencias están comprendidas entre 1,5 y 2,5 metros (más de 10.000 observaciones). Algo más estrechas suelen ser las estructuras filonianas en las corneanas y pizarras andalucíticas consistentes.

El tanto por 100 en Pb del peso total de los materiales extraídos puede calcularse, con facilidad, en función de la potencia reducida. Para ello basta con tener en cuenta que:

I. - El peso del plomo contenido en un paralelepípedo de galena, con 1 m² de base y 1 cm. de altura es aproximadamente, por defecto, 51 Kgs.

II.- El peso específico de la ganga y estériles, que acompañan a la metalización, puede estimarse, con ligero exceso, en 2,6 Kg/dm³.

De acuerdo con lo anterior, la ley en Pb de un bloque de filón excavado perpendicularmente a la corrida del cuerpo filoniano, con 1 m² de superficie lateral, y cuyas potencias real y reducida sean localmente H (cm) y h (cm). Se expresará así:

$$L (\% \text{ en peso Pb}) = 100 \frac{\text{Peso del Pb contenido}}{\text{Peso del bloque que lo contiene}} =$$

$$= 100 \frac{51 h}{26 (H-h) + 51 h \frac{100}{75}} = \frac{51 h}{26 H + 42 h} 100$$

Para (H > h)

La figura m, presenta un ábaco con los valores de L, deducidos en función de H y h, según esta fórmula. En la práctica H representa la anchura de la labor de arranque, casi nunca menor que 150 cm.; con todo, se han dibujado las curvas correspondientes a H más pequeñas para conocer, aún en estos casos, las leyes de la mineralización.

Conviene resaltar dos aspectos sobre la H influyente en L. En primer lugar, H la fija realmente el director del laboreo, quien en algunas zonas explotará reales con H menor que la del filón, por permitirlo una metalización agrupada desigualmente en el espacio mineralizado. En otras ocasiones, donde el relleno sea muy potente, podrá prescindir de la extracción de h_r galena, donde el valor de h cm. de galena menos el coste de extracción de (H) cm., sea menor que el valor de (h-h_r) cm. de galena menos el coste de extracción de (H-H_r) cm.

Otro punto interesante es que, en contra de lo admitido tradicionalmente, no existe relación entre los valores locales de H y h; efectivamente, una H muy

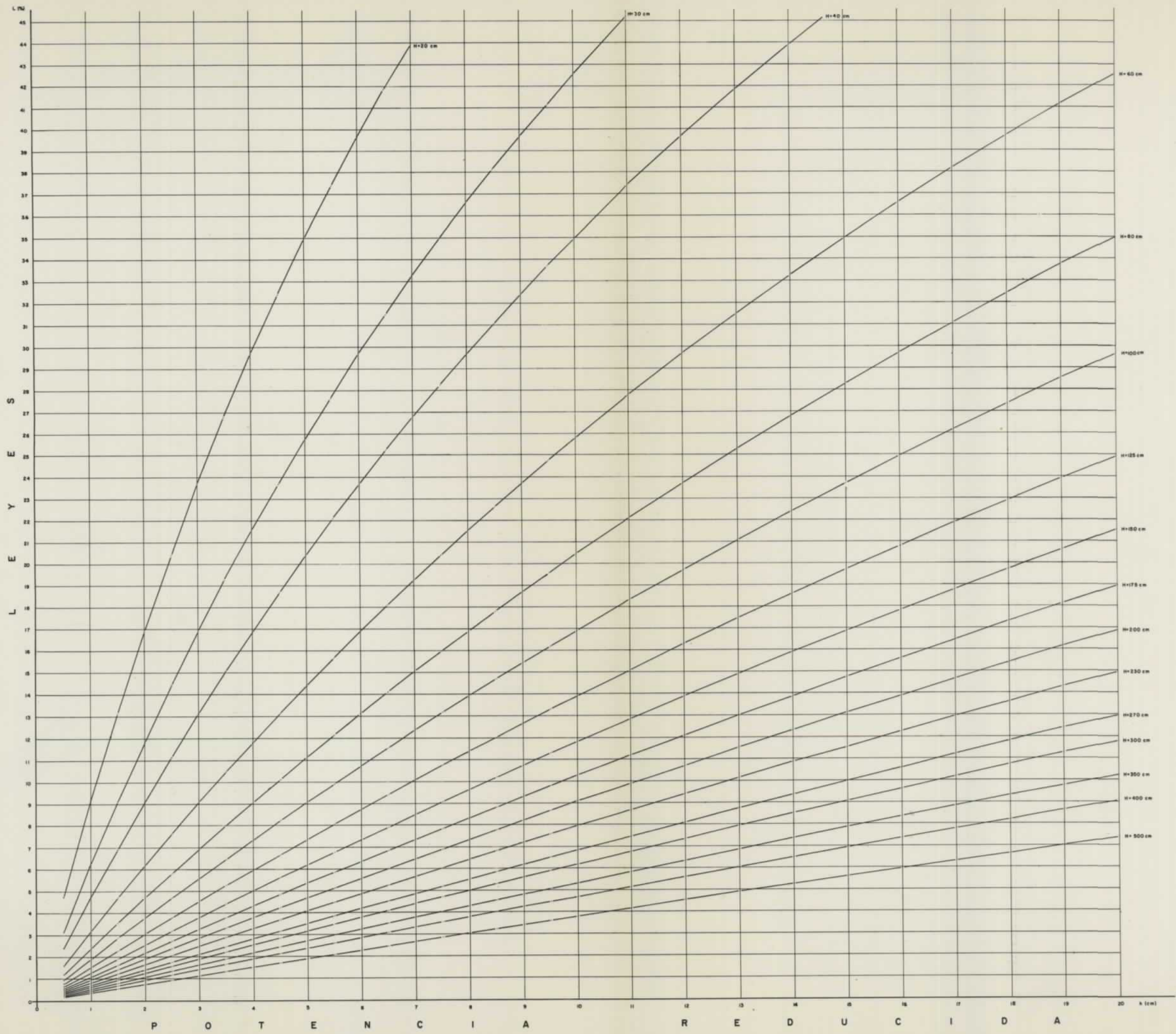


Fig. m

pequeña acarrea imposibilidad física para el establecimiento de h , pero salvada esa dependencia, ambas variables son independientes como atestigua el bajísimo coeficiente de correlación, 0,0554, obtenido para más de 10^4 datos de observación en minas (fig. n).

La cantidad de Pb metal contenida en un filón "F" con A (m.) de corrida, B (m.) de alcance en profundidad y mineralizado con galena en h_m (cm.) se expresará por:

$$Q \text{ (Tm de Pb)} = 0,051 \times A \times B \times h_m$$

Los plomos filonianos de estos Distritos son argentíferos; su riqueza se expresa en gramos de Ag/Tm. de Pb. Por tanto la cantidad q de Ag, que contiene el mismo filón "F", suele ser como media, en los Distritos estudiados:

$$q \text{ (Kg. de Ag)} = Q \cdot \begin{cases} 0,34 & \text{(Linares)} \\ 0,45 & \text{(La Carolina - Santa Elena)} \end{cases}$$

6.1.4. Contextura Estadística del Relleno Plumbífero.

Las mineralizaciones de Pb estudiadas provienen de procesos selectivos de movilización, traslado y paralización endógenas de Pb en el seno de fluidos hidrotermales. El cúmulo de factores, que cooperan en tal fluencia y precipitación, no conserva valor fijo durante su actividad metalogénica, sino que aquéllos cambian constantemente de ubicación o intensidad, transformándose dentro del marco general de la evolución geológica. Por ello, la contextura de las mineralizaciones con galena acusa en detalle gran complejidad.

Así, aunque el concepto de potencia reducida sea cualitativamente muy fructífero para acometer cualquier estimación de ley o contenido en Pb, cuantificar localmente su envergadura, por razones depositivas originarias y tectónicas posteriores, no resulta tan fácil. Por ello conviene esclarecer el carácter matemático del reparto del SPb en el interior de los filones investigados.

Teniendo en cuenta la morfología tabular de los cuerpos filonianos, las potencias reducidas constituyen una variable bidimensional, con ciertas peculiaridades, comunes por lo demás a otros fenómenos de índole geológica. Así, para definir una potencia reducida hace falta conocer, aparte de su cuantía:

- A) Su soporte, es decir, forma y ubicación del volumen al que afecta. (En este caso prismas cuadrados o rectangulares, normales a las caras laterales del filón).
- B) Su situación en su campo de variación o dominio alcanzado por la metali-

Correlación h-H

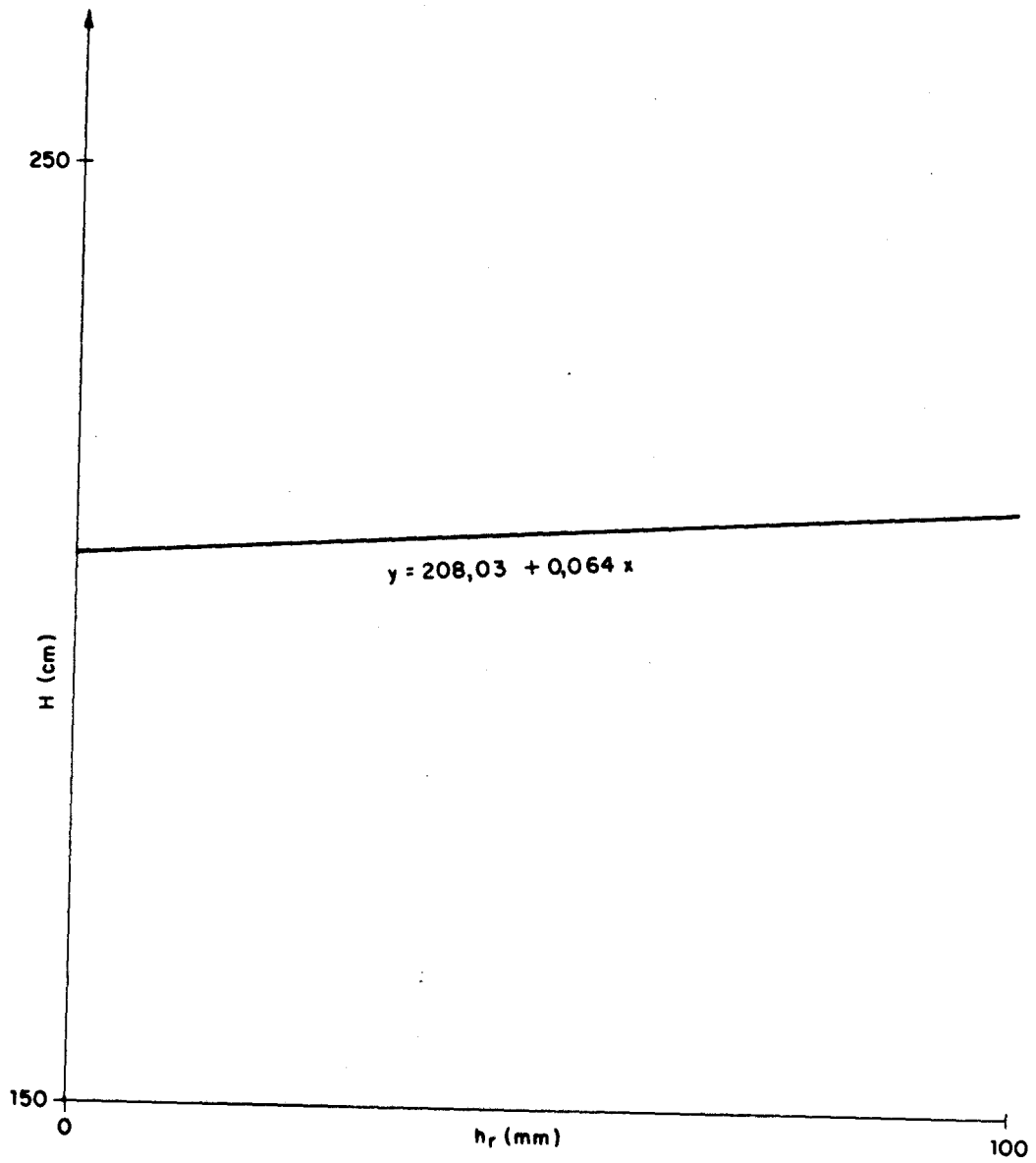


Fig. n

zación filoniana, geológicamente homogénea.

La mineralización plumbífera de un filón puede interpretarse, en consecuencia, como resultante del "valor absoluto" y de la "disposición" que adoptan dentro de aquél, las potencias reducidas de los volúmenes elementales que le integran. La riqueza de un filón cualquiera responde, por tanto, a la coordinación de estos dos factores: uno numérico, el otro geométrico.

Veamos cómo se manifiestan matemáticamente ambos caracteres en los filones de estos Distritos.

6.1.4.1. Carácter Numérico de las Potencias Reducidas en SPb: Para su estudio se han tenido en cuenta unos 6.000 datos, obtenidos durante la explotación de otros tantos m² de superficie de filón. La diversidad de riquezas elementales en la muestra era tal, que fue necesario clasificar los valores de las potencias reducidas.

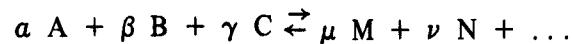
Para ello se reunieron las potencias reducidas en gráficos donde se coordinaban, en abcisas, las diversas metalizaciones y, en ordenadas, su frecuencia en la totalidad de las muestras elementales del filón (histograma).

En principio las mineralizaciones filonianas, por la complicación de los procesos a que responden, podrían asimilarse a realizaciones espaciales de acontecimientos fortuitos. Era plausible, por ello, que el histograma de riquezas numéricas obtenido fuese análogo a los de algunas distribuciones aleatorias, cuya variación se ajusta a funciones matemáticas, bien conocidas.

De uso tan corriente en cálculo de probabilidades como el de la función lineal en geometría, la distribución normal de GAUSS se ha aplicado con éxito en teoría de errores y en los clásicos problemas de extracción de bolas multicolores contenidas en urnas opacas. Pero cuando se intentó aplicarla a este caso, al igual que ha sucedido tantas veces en Biología o en Psicología experimental, se comprobó la necesidad de recurrir a otras leyes, aptas para idealizar distribuciones menos simétricas que la de GAUSS, pues la distribución obtenida, unimodal, mostraba un máximo desplazado hacia leyes inferiores al valor medio. Para asimilar esta distribución metalogénica a la de GAUSS se tanteó, como artificio, representar en el histograma no las riquezas de las muestras, sino el logaritmo de sus valores respectivos, comprobándose que la forma del histograma del demuestre,

así modificado, se ajustaba sensiblemente a la de las campanas "normales".

Pero el concepto de lognormalidad, aparte de procedimiento práctico para ajuste gaussiano del histograma real, puede también justificarse como carácter propio de estas metalizaciones filonianas. En efecto, la deposición del Pb en filones ha respondido, en general, a reacciones geoquímicas del tipo:



La ley de acción de las masas exige que permanentemente se cumpla:

$$\frac{[M]^{\mu} \cdot [N]^{\nu} \dots}{[A]^{\alpha} \cdot [B]^{\beta} \dots} = \text{constante}$$

Diferenciando esta expresión queda una relación lineal del tipo:

$$\frac{\Delta [M]}{[M]} + \nu \frac{\Delta [N]}{[N]} + \dots = 0$$

Es decir si M fuese la galena depositada, el constante cumplimiento del equilibrio termodinámico, sintetizado en la ecuación, motiva que los cambios fortuitos que acaezcan en los factores A, B, etc., durante los procesos de mineralización, no ocasionen variaciones directas sobre M, sino que produzcan, más bien, aumentos o disminuciones proporcionales a la M, ya acumulada.

Resulta con ello que el enriquecimiento local característico en el filón es finalmente:

$$\Sigma \frac{\Delta M}{M} = \int_0^t \frac{dM}{M} = \log_e M$$

Puesto que el valor de cada $\log_e M$ es producto de la cooperación aleatoria de numerosos factores A, B, C, ..., p, t, etc., no causa extrañeza que el conjunto de la metalización se distribuya lognormalmente.

En la fig. o, se representan, sobre papel log-probabilístico, los datos relativos a las frecuencias acumuladas de 6.000

DISTRIBUCION NUMERICA DE POTENCIAS REDUCIDAS

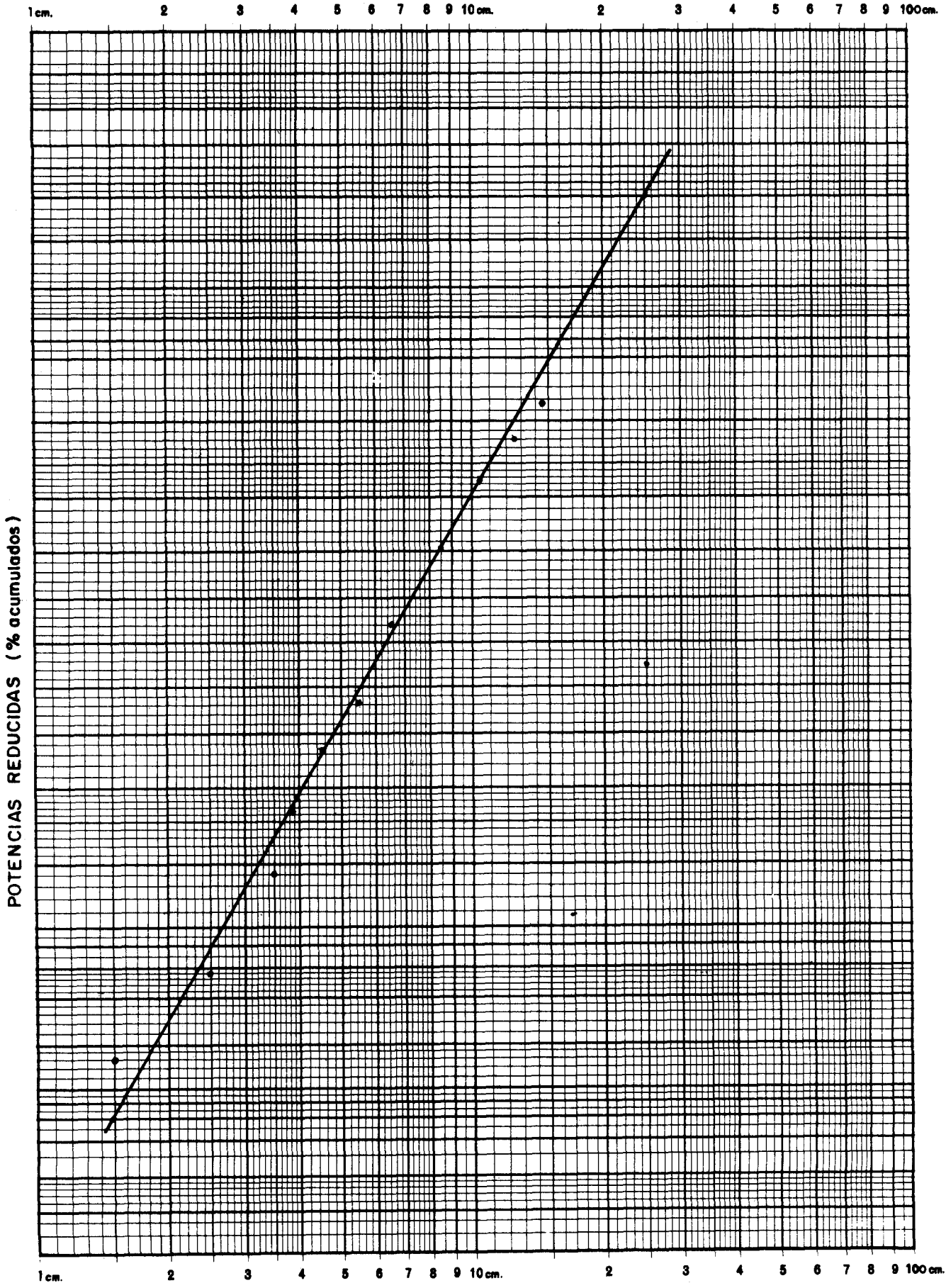


Fig. o

datos estudiados de potencia reducida en galena. La alineación rectilínea de los datos prueba el carácter perfectamente lognormal de tal distribución numérica.

- 6.1.4.2. Carácter Geo-numérico de las Potencias Reducidas en SPb: Como se ha mencionado, los filones no albergan metalizaciones con reparto homogéneo y gradual. Por ello, resulta difícil distinguir, en la superficie de los mismos, líneas de igual potencia reducida, que permitirían visualizar la distribución geométrica de las riquezas. Por ello hay que recurrir a un procedimiento analítico: la variografía.

El variograma de la mineralización es curva deducida en forma inversa a la de obtención del histograma; primero se calcula toda una serie de varianzas y a partir de las mismas se traza después la curva. Las desviaciones cuadráticas medias calculadas son las relativas a las potencias reducidas individuales de parejas de muestras que disten, sobre la superficie del filón, una distancia vectorial \vec{d} :

$$\gamma(\vec{d}) = \frac{1}{2} E (h_i - h_j + \vec{d})^2$$

$\gamma = \varphi(\vec{d})$, generalmente creciente, define una tendencia de las riquezas a distribuirse con cierta continuidad dentro del filón, de forma que, como media, las metalizaciones de muestras cercanas difieren menos que las de parejas más distantes, (correlación de vecindad).

La fig. p representa el semivariograma horizontal de potencias reducidas en SPb sobre 6.000 prismas filonianos con 1 m² de base y altura igual a H, potencia del filón estudiado. Dos características de la curva obtenida merecen ser señaladas y habrán de ser tenidas en cuenta a la hora de reconocer y valorar un filón en estos Distritos:

- A) La variabilidad media entre parejas de muestras crece progresivamente con la distancia entre las mismas, hasta alcanzar una estabilización a partir de $d = 30$ m.
- B) La tendencia horizontal se conserva hasta $d < 85$ m.; a partir de esta separación se inicia un rápido descenso.

Tales rasgos responden físicamente a los siguientes hechos.

SEMIVARIOGRAMA HORIZONTAL DE POTENCIAS REDUCIDAS

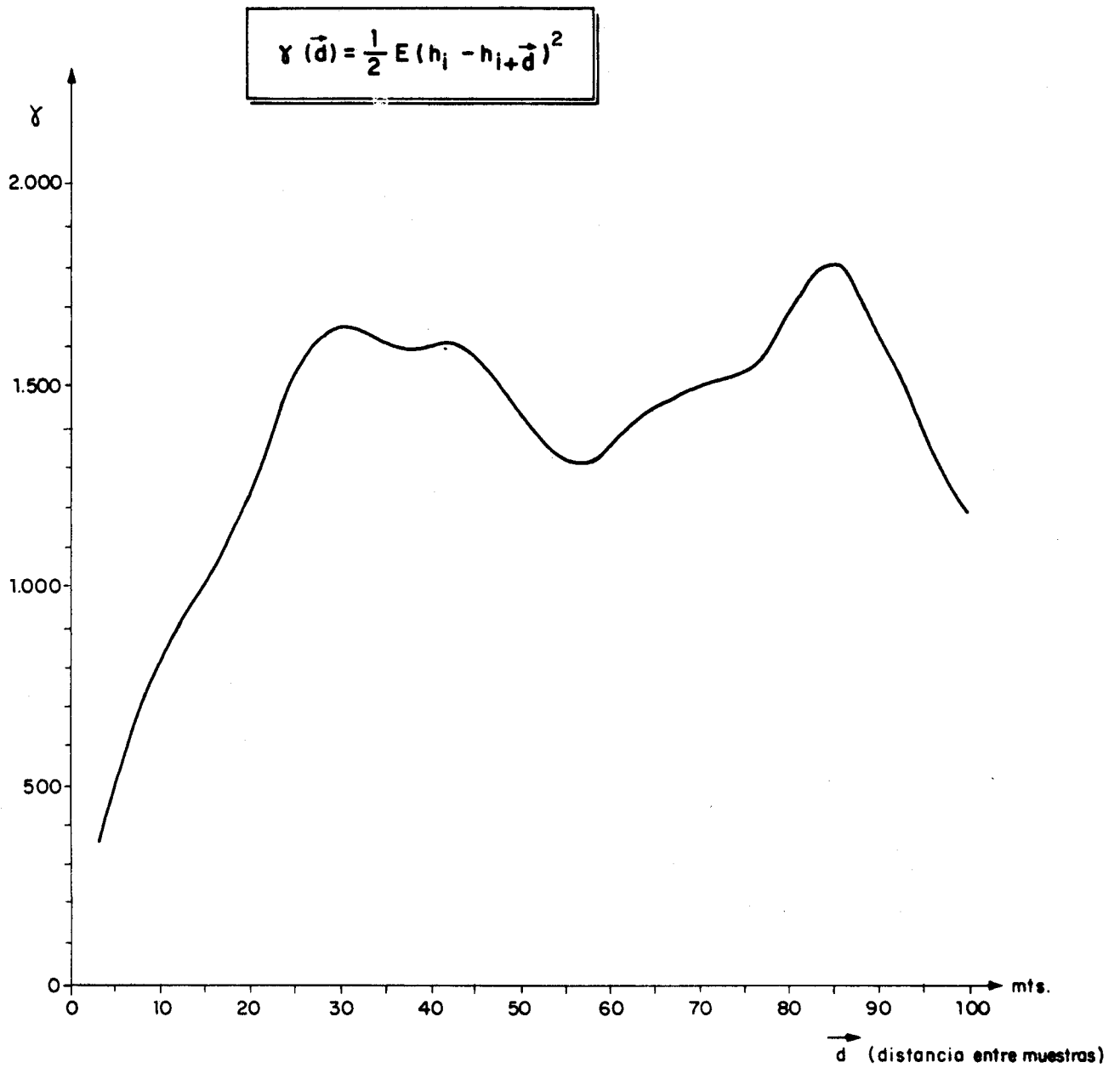


Fig. p

La horizontalidad del tramo $30 < d < 85$ significa independencia concomitante de $\gamma(\vec{d})$ respecto a \vec{d} , es decir, las muestras tomadas con separación mayor que 30 metros, no poseen entre sí relación espacial, pudiendo considerarse, para tales pautas de desmuestra, como aleatoriamente distribuidas sobre el filón.

La disminución final del variograma ($d \geq 85$), se atribuye a la repetición, dentro de la estructura filoniana, de zonas de enriquecimiento con alcance horizontal de unos 85 metros.

6.2. ESTRUCTURA EXTERNA: LOS AMBITOS DEPOSITIVOS

Toda la región oriental de Sierra Morena puede subdividirse, desde el punto de vista de la dirección de sus fracturas más mineralíferas, en varias unidades, que, agrupadas por los Distritos a que pertenecen, se comentan a continuación:

6.2.1. Distrito de Linares.

Sobre la fig. q se representa, en proyección vertical, la cabecera de los filones cartografiados, cuya mineralización generalmente no asoma, pues casi siempre permanece oculta bajo recubrimiento triásico estéril.

Contemplando la figura se comprueba que este Distrito lo integran cuatro bloques tectónicos, bien individualizados:

6.2.1.1. Bloque Granítico Central:

- Filones principales: N 25° E
- Filones cruceros: N 65° E

6.2.1.2. Bloque Granítico de Guarromán (al NO. del anterior):

- Filones principales: N 45° E
- Filones cruceros: N 75° E

6.2.1.3. Depresión Granítica Intermedia (situada entre los dos bloques precedentes):

- Filones principales: N 75° E
- Filones secundarios: N 45° E

6.2.1.4. Pizarral Carbonífero Septentrional (N. y NE. del Distrito):

En esta unidad, de importancia minera mucho menor, las pequeñas metalizaciones suelen marchar NE. y N. 75° E.

A escala de observación regional, estos últimos filones, encajados en pizarras arcillosas, guardan estrecha relación espacial con la falla "Roso", y con diques ígneos de carácter ácido. Esta última vinculación no parece que revista carácter genético sino estructural, correspondiendo más bien a que a favor de tales unidades se haya verificado, para los fluídos metalíferos, una buena conexión entre niveles generadores profundos y ámbitos

ALINEACIONES FILONIANAS EN LOS DISTRITOS DE LINARES - LA CAROLINA

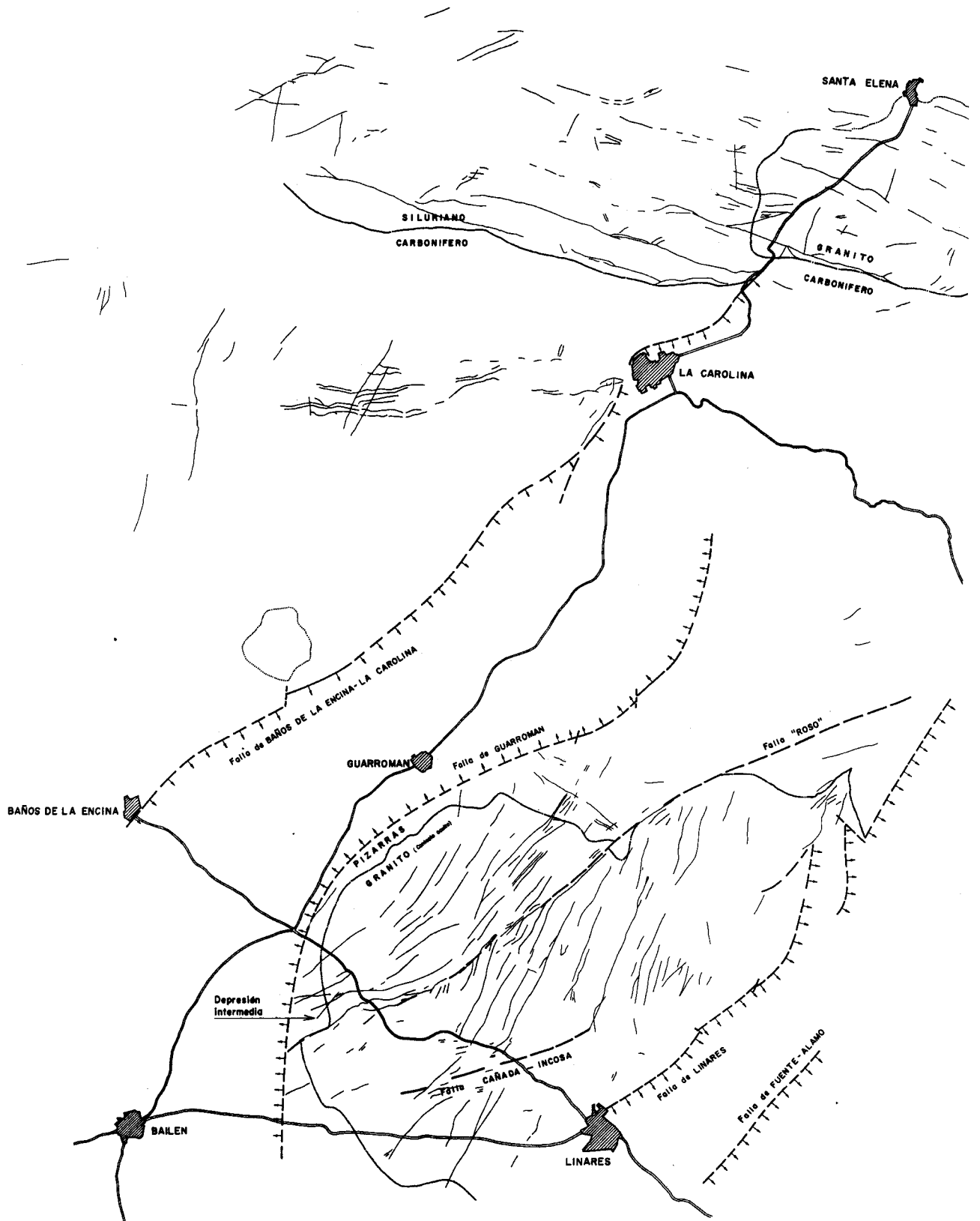


Fig. q

someros metalizables, conexión generalmente difícil de establecer en zona de pizarras plásticas con fracturación poco permeable.

Teniendo además el campo filoniano de Linares planta equidimensional y reparto bastante homogéneo, es posible efectuar un análisis estadístico que esclarece algunas peculiaridades características de sus filones. Los parámetros analizados han sido la dirección más frecuente de las mineralizaciones, y la longitud y separación media entre tales unidades filonianas (fig. r).

6.2.2. Distritos de La Carolina - Sta. Elena.

Estos Distritos, en cambio, admiten mejor una subdivisión basada en diferenciaciones mixtas, litológico-estratigráfico-estructurales, que en motivos puramente tectónicos.

6.2.2.1. Carbonífero al O. de La Carolina:

- Filones principales: N 85° E
- Filones cruceros: N 30° E

6.2.2.2. Siluriano al N. de La Carolina (Zona Guindos):

- Filones principales: N 70° O
- Filones cruceros: N 30° E

6.2.2.3. Siluriano al NO. de La Carolina (Zona de El Centenillo):

- Filones principales: N 70° E
- Filones secundarios: $\left\{ \begin{array}{l} \text{N-20° E} \\ \text{N-70° O} \end{array} \right.$

6.2.2.4. Siluriano al E. de La Carolina:

- Filones principales: N 25-45° E

6.2.2.5. Granodiorita de Santa Elena:

- Filones principales: N 70° O
- Filones cruceros: $\left\{ \begin{array}{l} \text{N 20° E} \\ \text{N 70° E} \end{array} \right.$

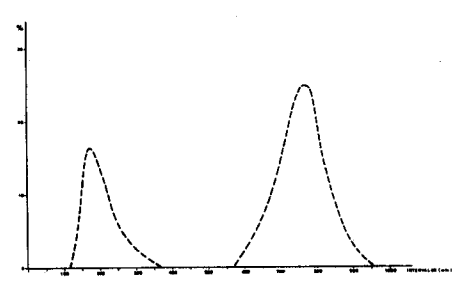
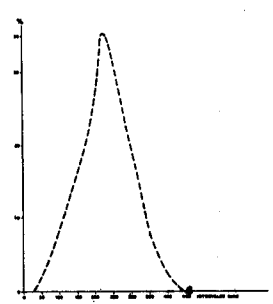
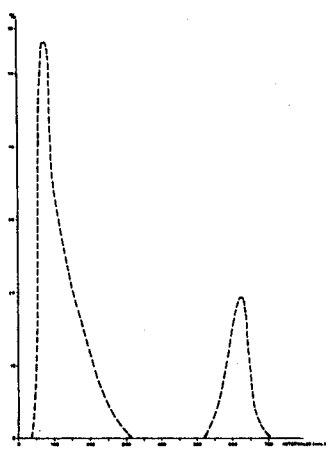
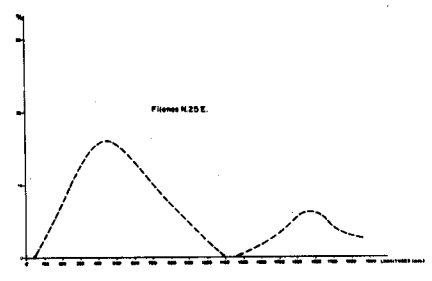
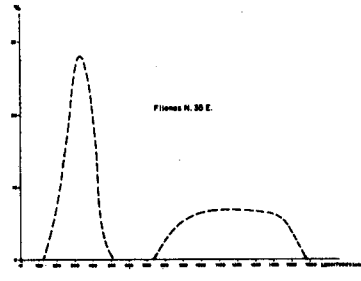
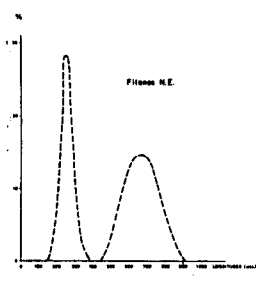
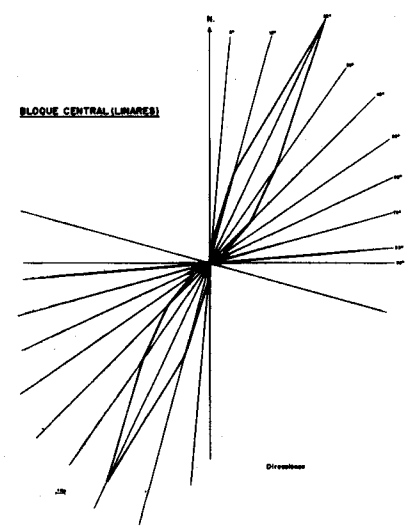
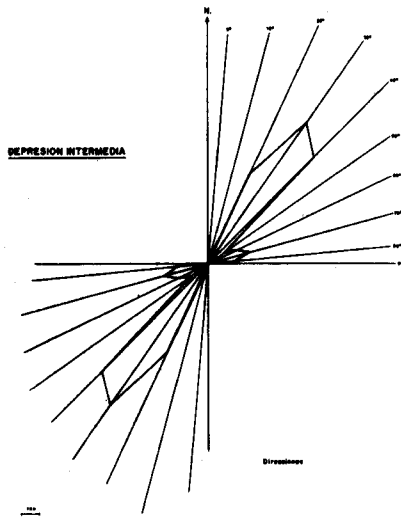
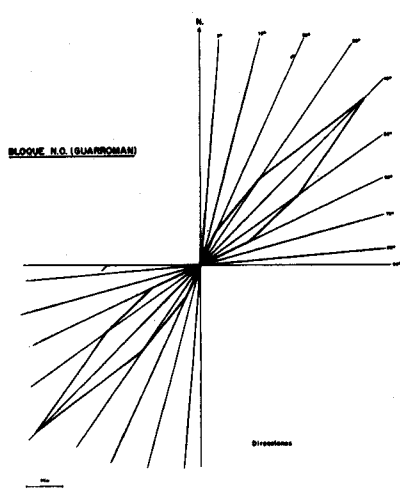


Fig. r

6.3. EVOLUCION TECTONICA Y APERTURA DE LAS ESTRUCTURAS FILO-

NIANAS.

6.3.1. Distrito de Linares.

La alta capacidad metalífera de las fracturas N 25° E del granito de Linares, en su Bloque Central, proviene de una reapertura del termo-diaclasamiento originario, motivada por rumbo-deslizamientos de la falla "Roso" y de otras análogas de menor consideración (falla N 65° E, al S. de Cañada Incosa, -fig. q-). En cambio, dentro de la Depresión Intermedia, la movilidad de accidente tectónico tan importante, produjo una banda de cizallamiento, cuya existencia condicionó la posterior formación de irregulares y apretados filones (fig. s).

La razón activadora de tales desplazamientos es la desviación entre los empujes de las dos etapas tectogénicas hercinianas, comentada ya en 2.2. Posiblemente tal giro no haya acaecido exclusivamente en los empujes tectónicos, sino que sea quizás el propio cuerpo comprimido el que también haya girado algo, en sentido contrario a las agujas del reloj, movilidad coincidente, tal vez, con el comienzo de la rotación conjunta de la Península y apertura del Golfo de Vizcaya.

6.3.2. Distritos de La Carolina y Sta. Elena.

Las diferencias estructurales entre los rumbos de filones en el Distrito de Linares y en los de La Carolina-Sta. Elena se justifican al recordar el papel preponderante que ha jugado en la evolución estructural de estos últimos, el contacto entre la unidad siluriana silíceo, bien estratificada, y la carbonífera arcillosa.

Tal superposición sedimentaria, favoreció la deformación de todo el conjunto por plegamiento, cuyas estructuras, más o menos tectonizadas durante la orogenia hercínica, han gobernado después, decisivamente, el emplazamiento de la granodiorita de Sta. Elena (su borde meridional se ajusta sensiblemente al contacto Siluriano-Carbonífero).

La vinculación de la granodiorita de Sta. Elena a las estructuras de plegamiento N 70° O preexistentes, o en parte concomitantes, es tan estrecha que su pauta de diaclasamiento y fracturación filoniana, coincide con la de aquéllas en disposición e intensidad, mientras que las disyunciones y campo metalífero del granito de Linares se muestran independientes de la anterior tectónica de pliegues.

Sin embargo, en el extremo occidental del Distrito de La Carolina (área El Centenillo), la apertura de las estructuras filonianas, y su aparente discrepancia en dirección respecto a las vecinas de Los Guindos, parece ser debida a rumbo-deslizamientos NE., análogos a los de la falla "Roso" en Linares, movimientos responsables asimismo de la notable inflexión que se aprecia, inmediatamente al O., en el contacto Siluriano-Carbonífero (fig. a).

REAPERTURA TECTONICA DE LOS FILONES
- LINARES -

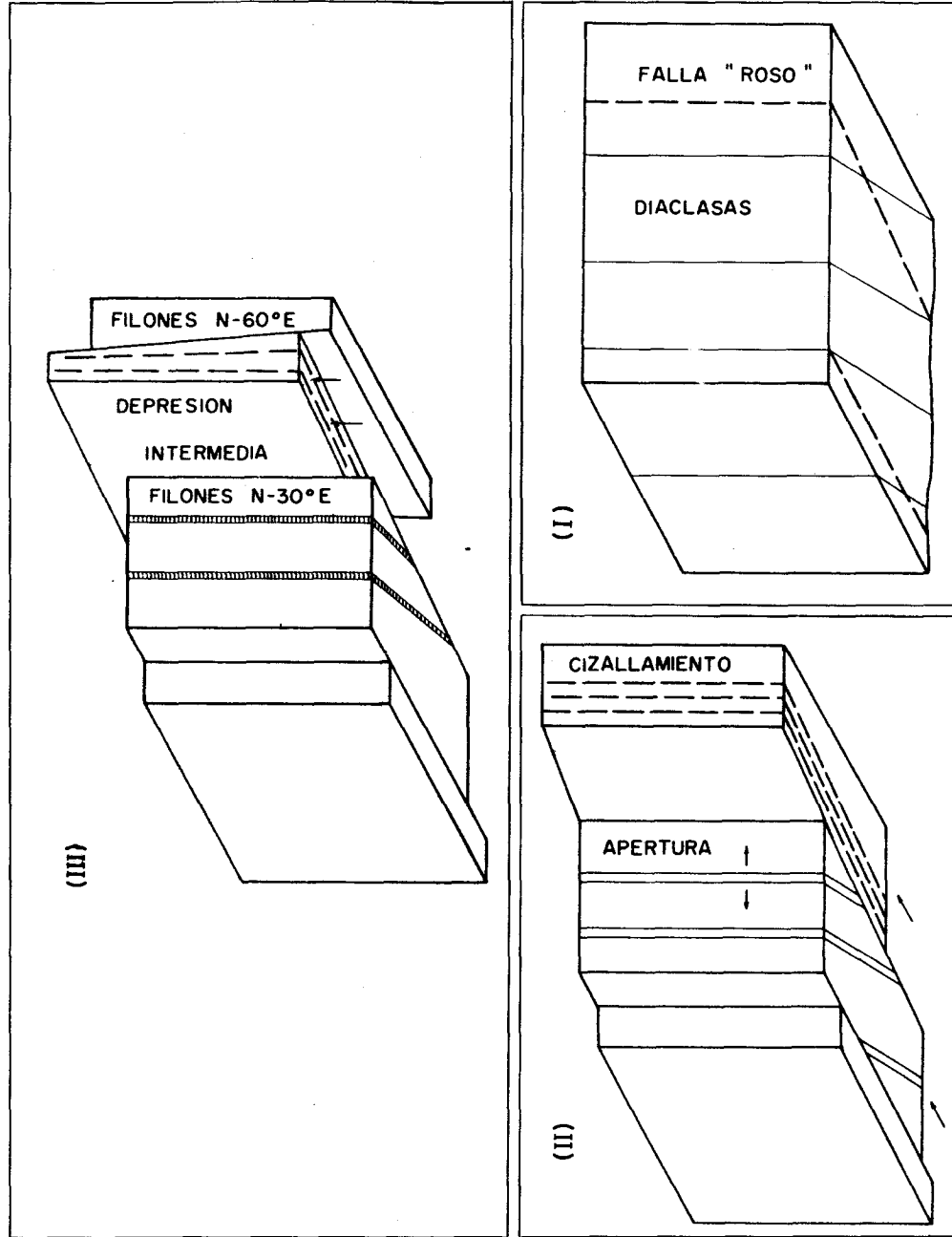


Fig. 8

7. EL TIEMPO DE LAS MINERALIZACIONES

Dentro de cada grieta tectónica se superponen, según se ha evidenciado, hasta tres metalizaciones diferentes. La más antigua y mineramente más importante, por ser la relativa al Pb, es anterior a los conglomerados "permotriásicos", casi nunca portadores de galena, y que se depositaron en Linares sobre filones plumbíferos parcialmente erosionados. Las determinaciones isotópicas del Pb confirman tal observación, precisando una antigüedad estefaniense-permiana para el Pb de las galenas.

Sin embargo, la 2ª metalización silíceo-piritosa, de más alta temperatura, con Cu y a veces radioactivos afecta, más que ocasionalmente, a los niveles del Trías. Así, por ejemplo, un filoncillo próximo a de "La Tortilla" en la trinchera del antiguo ferrocarril Linares-La Carolina, o el del "Mimbre" en su extremo N., junto al borde de La Laguna. Las monteras ferruginosas de esta segunda mineralización, fueron guía, muchas veces, para la labor prospectora de los antiguos mineros.

La falta de persistencia ascendente en las manifestaciones piritocupríferas parece ocasionada por la falta de permeabilidad de las fracturas en los tramos bajos del Trías, aleurítico-arcillosos, más que a razones cronológicas. Con todo, existen más al E. mineralizaciones cupro-uraníferas establecidas sobre Trías, bastante elevadas estratigráficamente.

En algunos puntos, anómalos por su escasez, los fluídos silíceos han conseguido removilizar al Pb de la galena infrayacente, diseminándolo en unos pocos metros dentro de los conglomerados de la base del Trías (25 metros de corrida en su extremo meridional, sobre el filón "El fin-" "Acebuchares", o filoncillo al SO. de Cañada Incosa).

Los terceros aportes hidrotermales, con Ba, están claramente relacionados con la orogenia alpina. Mineralizan casi todas las fallas posttriásico-antemiocenas, introduciéndose además lateralmente a favor de los niveles permeables interferidos por tales accidentes tectónicos. Se difunden singularmente dentro de los conglomerados de la base del Trías, impregnados por SO_4Ba en amplios entornos, según se ha comprobado en sondeos mecánicos efectuados por ENADIMSA, (un 50 por 100 de las perforaciones da indicios de Ba en tal unidad y un 15 por 100 leyes significativas).

Es notable la semejanza de este comportamiento de la baritina con el de la fluorita en otras zonas de la Península (Asturias), más acusada, incluso, si se recuerda que en algunos parajes de esta misma región, no se observan casi aportes póstumos de bario, apareciendo en cambio la fluorita. La única diferencia entre ambas ocurrencias estriba en que los cristales de F_2Ca suelen mostrarse totalmente indeformados, mientras que la barita, algo anterior, se presenta, muchas veces, trastornada por la tectónica alpina.

En la fig. t se condensa gráficamente lo antedicho, respecto a secuencia en los procesos mineralizadores, ubicándolos en el tiempo en relación a los principales acontecimientos de evolución geológica regional.

SECUENCIA PARAGENETICA EN LAS MINERALIZACIONES FILONIANAS

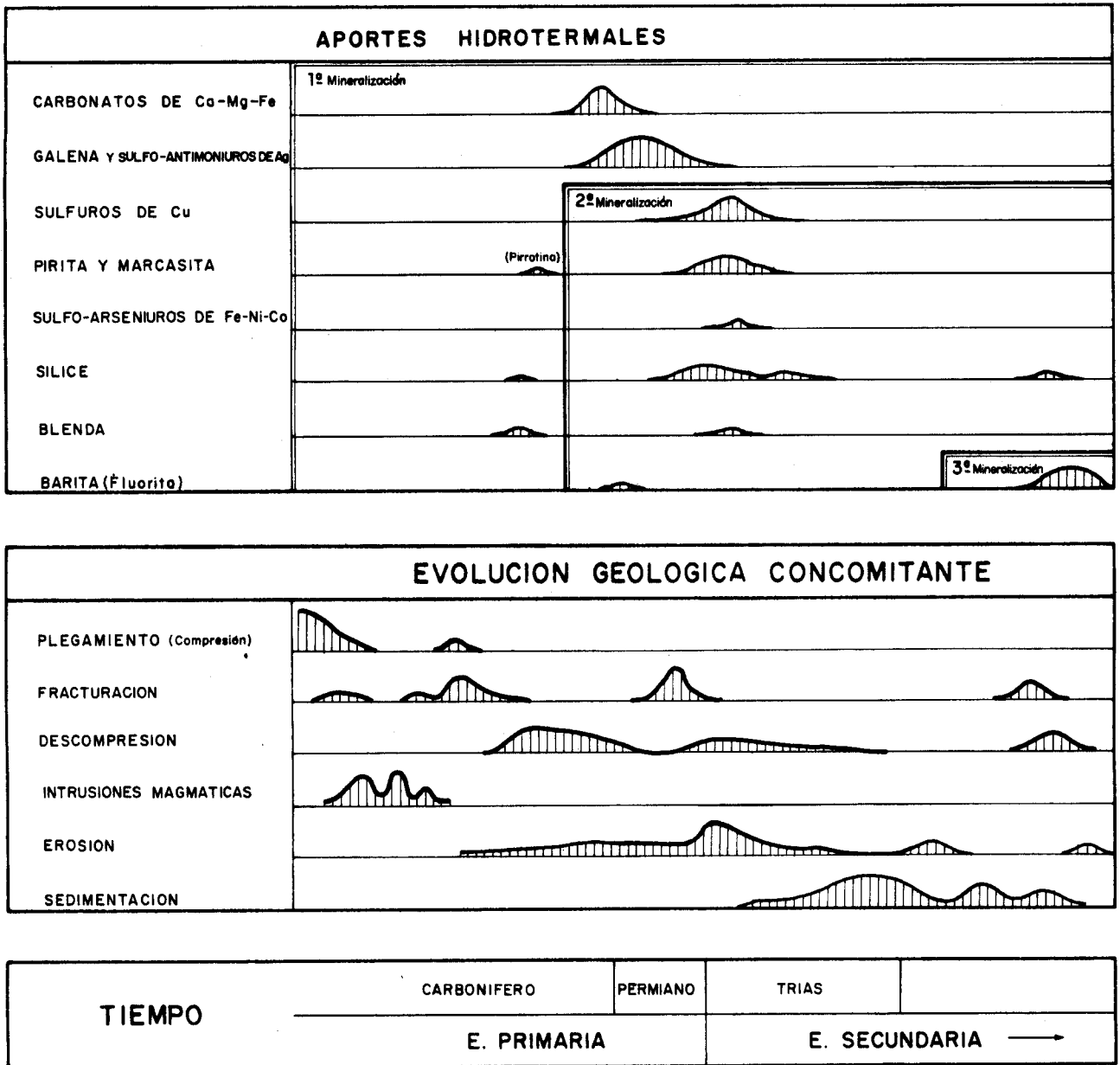


Fig. t

8. EL ESPACIO DE LAS MINERALIZACIONES. LOS METALOTECTOS

8.1. DE ALCANCE LOCAL

Como tal deben considerarse las fracturas mineralizables. La dirección local de las más aptas para acoger rellenos, durante los procesos filonianos, coincide con los rumbos característicos de filones, ya indicados en 6.2. para cada unidad tectónica.

8.2. DE ALCANCE REGIONAL

8.2.1. Distrito de Linares.

Englobando a las fracturas metalíferas privilegiadas, apréciase una alineación metalotécnica de alcance regional, banda más o menos NE.-SO., relacionada con la falla "Roso". Cuando este metalotecto atraviesa la intrusión granítica de Linares, experimenta una amplificación espacial en el alcance de sus efectos metalíferos que llega a interesar a la totalidad del batolito.

8.2.2. Distritos de La Carolina-Sta. Elena.

Aparte de la faja NE.-SO. de la falla "Roso", se aprecia en la figura q, otra, más bien E.-O., en conexión con la franja cimera del siluriano. También cuando ésta atraviesa la intrusión granodiorítica, experimenta una expansión geográfica en su influjo espacial, que alcanza todo el batolito de Santa Elena.

Tres son pues en el extremo E. de Sierra Morena, y de distinto carácter, los metalotectos reconocidos para el Pb a escala regional; uno, por su permanencia en la evolución regional, de naturaleza estructural profunda (falla "Roso"), otro

de índole más estratigráfica, si bien con influjos litológico-estructurales (contacto Siluriano-Carbonífero), y el último predominantemente litológico-estructural (intrusiones ígneas).

8.3. EXTRAPOLACION METALOTECTICA

8.3.1. Distrito de Linares.

No procede en general (cuántas veces se ha tratado de ello), buscar la prolongación septentrional de los filones N 30° E, puesto que éstos se han establecido en discontinuidades cuya apertura se crea por movimientos de la mencionada falla "Roso", y otras análogas. Son, por tanto, metalizaciones que nacen (o mueren) en tales accidentes, pero no los atraviesan.

La posible réplica del Distrito de Linares, y comparable al mismo, al N. de la falla "Roso", no existe, por falta de un ámbito granítico fracturable con desarrollo espacial análogo al de la intrusión existente al S. Por ello, en el pizarral carbonífero al N. de Linares, donde se prolongaría hipotéticamente el Distrito, el potencial metalogénico no perdura, sino que está circunscrito solamente a las inmediaciones NE.-SO. de la falla "Roso", alcanzando además cierta potencialidad, únicamente local, donde aquélla atraviesa rocas frágiles y competentes (diques, areniscas y gaudas, pizarras muy compactas, etc.), pues en las formaciones restantes no se producen, por su plasticidad, agrietamientos contínuos, ni permeables.

8.3.2. Distritos de La Carolina-Sta. Elena.

Al E. de los Distritos septentrionales, en cambio, las prolongaciones naturales de los filones y de las áreas teóricas metalotécticas coinciden sensiblemente, por lo que las nuevas áreas filonianas, a saliente, deberán buscarse en franja septentrional y paralela al contacto Siluriano-Carbonífero.

Al Oeste de El Centenillo, tal contacto experimenta brusca desviación hacia el N., por lo que destruída tal coincidencia estratigráfica-estructural, no parece evidente su persistencia metalífera, sino que más bien ésta se verifique, de forma aún injustificada, a través del Distrito del Hoyo de San Lorenzo, uniendo los campos filonianos de La Carolina y del Valle de Alcudia. Parece interrumpirse definitivamente pues, al Oeste de Los Guindos, la unidad metalotéctica E.-O.

**9. CONDICIONAMIENTOS METALOGENICOS PARA LA PROSPECCION DE MI-
NERALES DE Pb EN LINARES-LA CAROLINA-STA. ELENA. TECNOLOGIA,
ALCANCE Y LIMITACIONES**

Las técnicas aplicables a investigación minera de las mineralizaciones y unidades metalotécticas puestas de manifiesto, pueden agruparse, para su actual revisión, en cuatro tipos diferentes de trabajos: Estudios Geológicos, Estudios Geofísicos, Estudios Geoquímicos y Estudios Geomatemáticos.

Se analizan y precisan, a continuación, las peculiaridades propias que reviste su aplicación a esta prospección particular, a la luz del conocimiento adquirido sobre la infraestructura metalogénica de esta comarca.

9.1. METODOS GEOLOGICOS

Dada la extensión de este tipo de estudios conviene distinguir en ellos cinco grupos de trabajos: Fotogeológicos, estratigráficos, litológico-estratigráficos, estructurales y metalogénicos.

9.1.1. Estudios Fotogeológicos.

Aparte de su empleo común para base real topográfica, o como unidad de visión conjunta sobre la que fácilmente se reconocen alineaciones y fracturas o extrapolan afloramientos y estructuras observadas, resulta conveniente en esta investigación el uso de los fotogramas aéreos por otros dos motivos. En primer lugar, para localizar, en zonas apartadas, antiguas labores mineras, escombreras, escoriales, etc., de pequeña envergadura, de las cuales no se tenga noticia de existencia.

Pero es aún más interesante comprobar que sobre las fotos se perciben las alineaciones filonianas, incluso las ocultas en Linares bajo areniscas triásicas no metalizadas.

Al ser impermeable el zócalo paleozoico (salvo en sus bandas de fractura), las aguas de lluvia infiltradas en la superficie del terreno convergen, en su fluencia subterránea sobre el substrato cristalino, para introducirse a través de los filones; por ello, en las areniscas suprayacentes, las bandas que reposan sobre las alineaciones filonianas son zonas de mayor humedad que el resto de la superficie triásica. Aprovechando esta humedad se desarrollan sobre el Trías matorrales más robustos, perfectamente discernibles sobre la foto aérea.

9.1.2. Estudios Estratigráficos.

Ya se ha mencionado la relación metalotéctica espacial de mineralizaciones tan importantes como Los Guindos - El Centenillo, con los niveles más altos del Siluriano. Como se ha expuesto, prosigue, al E. de Sta. Elena, la coincidencia de este entorno estratigráfico con la estrecha faja de terreno que engloba casi todos los indicios mineros conocidos. La capacidad mineralífera de estos bancos cuarcíticos, o de su época de formación, es extraordinaria, pues en las mismas rocas encajan, más al O., las metalizaciones de Hg en Almadén, e incluso parece comprobada la existencia, a lo largo de todo el Mediterráneo, de una familia de yacimientos de Hg-Sb-W asociada espacialmente a éstos o muy semejantes niveles. Por todo ello la posibilidad de identificación estratigráfica de tal unidad reviste singular interés.

Otro dato estratigráfico de importancia es haber podido señalar que las mineralizaciones de Pb son anteriores al Trías. Donde el zócalo paleozoico repose bajo el recubrimiento postherciniano, los estudios estratigráficos sobre el paquete secundario-terciario resultan de notable utilidad. En tales áreas, el espesor del recubrimiento estéril es factor del que dependen primordialmente las posibilidades locales de detección, geofísica o geoquímica, o de beneficio de nuevos filones, y precisamente de la naturaleza estratigráfica de los materiales aflorantes es de donde puede inferirse la potencia del recubrimiento subyacente.

9.1.3. Estudios Litológico-Petrográficos.

La presencia de rellenos filonianos ha requerido, durante su establecimiento, la pre-existencia de una discontinuidad que permitiera y solicitara, por su permeabilidad, el aporte de flúidos mineralizadores. Sabido es que el grado de apertura y regularidad de las fracturas, que afectan a toda unidad rocosa, depende esencialmente de su comportamiento mecánico frágil ante sollicitaciones tectónicas; así, como norma regional, en las unidades graníticas y de cuarcitas, los filones suelen ser amplios, bien definidos y de positivo rendimiento, mientras que dentro del pizarral arcilloso, rara es la metalización interesante, y en los pocos casos donde estos indicios parecen de mayor alcance, éstos han de atribuirse más bien a la vecindad de ciertas estructuras, tectónicas o intrusivas (falla "Roso" y diques porfídicos). Aparte de ello, el poder de fijación del plomo, viajero en flúidos hidrotermales, ha dependido también del carácter más o menos silíceo de la roca de caja.

A veces, transformaciones térmicas han modificado positivamente su comportamiento mecánico, aumentando su compacidad. De la litología de las rocas depende pues, en alto grado, su capacidad para albergar filones metalíferos, por lo que no podrá prescindirse, al estimar la potencialidad minera de una zona, del estudio litológico de las unidades que la integran.

9.1.4. Estudios Estructurales.

Resulta supérfluo, al nivel actual de conocimientos, destacar la importancia de estos trabajos. Pero no deben limitarse, en su alcance, a la localización de fracturas locales y reconocimientos del potencial metalífero de los sistemas de disyunciones a que pertenecen. Han de ampliarse a la detección de grandes accidentes tectónicos del basamento, menos patentes en superficie, pero cuya presencia parece decisiva para la aparición del hidrotermalismo; dos de ellos, al parecer, podrían relacionarse con los metalotectos conocidos, falla "Roso" y posible falla de fondo en el contacto Siluriano-Carbonífero.

Los estudios estructurales tendrán también aplicación inmediata al esclarecimiento de las razones tectónicas que han motivado muchas veces la interrupción de las labores mineras.

9.1.4. Nuevos Estudios Metalogénicos. Termoluminiscencia en los Cuarzos.

Basándose en lo ya realizado y conocido, podría utilizarse en la prospección de estas áreas la novísima aplicación de la termoluminiscencia, que por su relación con los estudios metalogénicos, se incluye aquí.

El parámetro estudiado en tales investigaciones es la emisión luminosa del cuarzo al ser sometido a temperaturas crecientes. Tal emisión responde a la degeneración, en el interior del cristal de SiO_2 , de niveles de energía metaestables, originados por defectos o impurezas, a otros niveles de mayor estabilidad. La existencia de malformaciones e inclusiones químicas en traza en el interior de los cuarzos depende de las condiciones de su cristalización y de la evolución geoquímica y tectónica que hayan experimentado posteriormente. Ello permite, así se ha comprobado en otras áreas, distinguir en una región varias clases de cuarzos hidrotermales, identificables por su curva-tipo de termoluminiscencia; cada una de estas familias de SiO_2 suele estar relacionada con una sola etapa de mineralización.

La aplicación de este método resultaría especialmente útil en ámbitos silíceos de Sierra Morena, donde se conoce la unicidad de las metalizaciones plumbíferas, pero donde las manifestaciones cuarzosas filonianas afloran frecuentemente, sin que su aspecto externo permita predecir su vinculación a mineralizaciones más profundas de Pb o de otro elemento. (En La Carolina, los filones productivos no se han mostrado a veces hasta una profundidad de 50-80 metros).

9.2. MÉTODOS DE PROSPECCION GEOFISICA

En principio los únicos métodos a tantear serían el gravimétrico, el magnético y los geoelectricos.

9.2.1. Método Gravimétrico.

La elevada densidad de la galena 7,4-7,6, frente a la del granito y pizarras, 2,7 y 2,5 respectivamente, podría hacer suponer que el método gravimétrico fuera adecuado para localizar filones ocultos. No obstante, como la metalización filoniana con SPb, según se ha visto, no es masiva sino parcial, el contraste de densidades entre rellenos y rocas encajantes es muy inferior al mineralógico, por lo que un filón de tamaño y disposición habituales, no originaría anomalías apreciables.

9.2.2. Método Magnético.

La galena es sustancia con débil susceptibilidad magnética. El concurso de la magnetometría para la localización de filones con Pb-Ag, etc. depende de que, asociado íntimamente al SPb, coexista otro mineral magnético. Raramente en el Distrito de Linares, algo más frecuentemente en muestras de los Distritos septentrionales, se ha detectado al microscopio la presencia de pirrotina magnética en las mineralizaciones, pero las pruebas magnetométricas reales efectuadas sobre filón, nunca han sido positivas.

9.2.3. Métodos Geoelectricos.

Consisten en la determinación, directa o indirecta, de la resistividad eléctrica del subsuelo, para deducir, de la misma, la naturaleza y forma de las unidades que lo integran.

La galena, poco polarizable, es eléctricamente muy conductora ($5-50 \times 10^{-3}$ ohmios.m.), como casi todos los sulfuros metálicos que la acompañan (exceptuada la blenda, muy poco abundante). El granito y las cuarcitas, sin embargo, son rocas de las más resistivas; las pizarras silíceas son de resistividad más variada, pero también muy superior a la de la galena.

Pero el contraste resistivo real del conjunto mena-ganga con las rocas de caja, es mucho menor que el de sulfuros-silicatos, lo cual elimina el empleo de métodos electromagnéticos y puesta a masa. Sin embargo, estas atenuaciones se ven compensadas estructuralmente, pues las discontinuidades de un medio rocoso, fracturas y contactos, producen anomalías de resistividad aparente claras y acusadas. Todo ello indica que los métodos de resistividad, bien empleados, pueden constituir medio adecuado de investigación.

Conforme a lo antedicho se viene empleando hasta el momento, con máxima eficacia, dos modalidades del método de resistividades. Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.), para determinar cuantitativamente cambios litoeléctricos en el subsuelo, según la vertical de un punto fijo (aplicación al establecimiento del espesor del recubrimiento estéril y de la litología del Paleozoico subyacente), y Calicatas Eléctricas (C.E.), para detectar cualitativamente cambios laterales en el subsuelo (aplicación común a la localización de filones y fallas bajo el recubrimiento). Las figs. u, v, correspondientes a investigaciones en curso, son suficientemente aclaratorias de lo antedicho.

9.3. METODOS DE PROSPECCION GEOQUIMICA

La disposición semivertical de las mineralizaciones filonianas provoca que, donde afloren los materiales paleozoicos, las metalizaciones hayan experimentado permanentemente los efectos de la evolución erosiva regional. Si a este dato unimos los ya reseñados de actividad tectónica e hidrotermal, varias veces repetida, y se recuerda que cada proceso mineralizador habrá originado su correspondiente halo primario de dispersión, resulta evidente que, en principio, podría aplicarse a esta investigación las técnicas más diversas de prospección geoquímica, y referir éstas a toda una serie de elementos químicos.

Las campañas de prospección podrían así realizarse sobre roca dura aflorante, sobre suelos residuales, y sobre sedimentos depositados por las aguas de esorrentía en la red de drenaje. El desarrollo restringido del suelo hace prescindir, en principio, de tal género de investigación, a la vez que ciertas características locales permiten tantear el empleo de otros medios menos convencionales, cuya eficacia debe enjuiciarse individualmente, aclarando además las peculiaridades técnicas con que se desarrollaría su aplicación.

9.3.1. La Prospección en Redes de Drenaje.

Como norma general, singularmente en zonas tan extensas, es la modalidad que ofrece mayores ventajas al investigador, pues una muestra local de coluvión, tomada en el curso de un arroyo con pauta generalmente bastante amplia, informa sobre los caracteres geoquímicos de toda un área de su cuenca de recepción, integrando datos relativos al químico de rocas frescas, alteradas, y suelos, que existan en las vertientes tributarias.

9.3.2. La Prospección sobre Roca Dura.

A pesar de las ventajas metodológicas de la modalidad anterior, la existencia de relaciones tan claras de orden metalotético, entre las mineralizaciones, por una parte, y el contacto Siluriano-Carbonífero o la falla "Roso", hace que posiblemente, sobre todo a escalas de estimación local, no podrá prescindirse de inves-

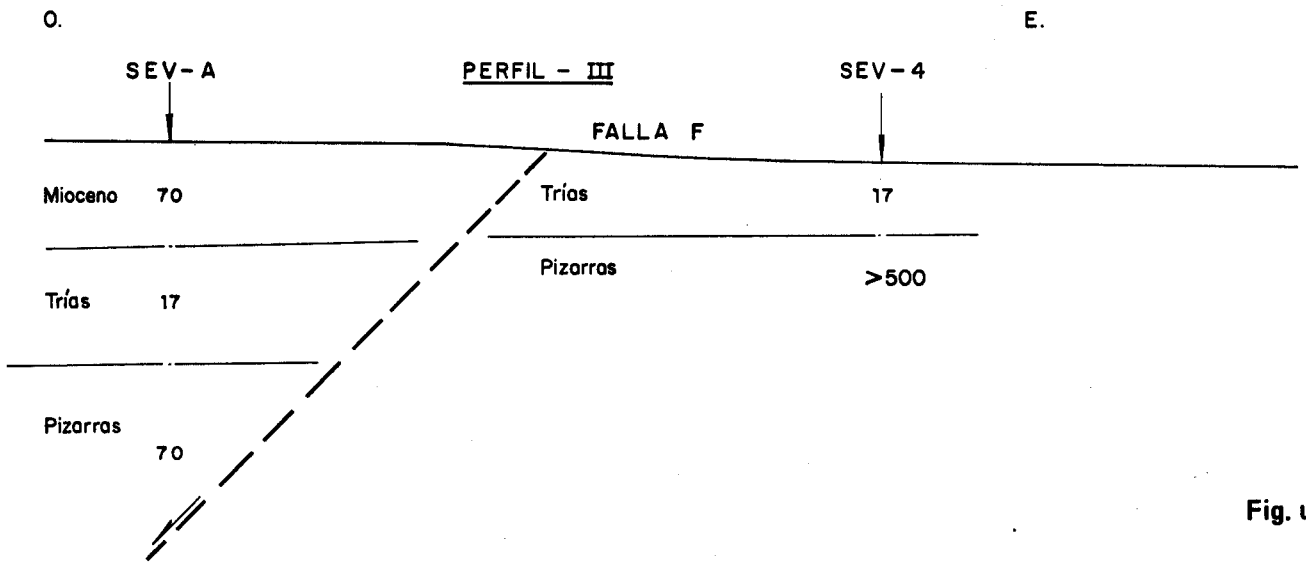
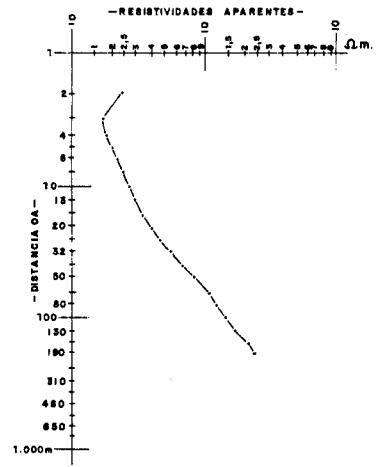
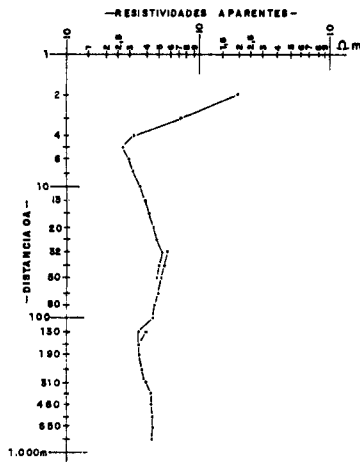
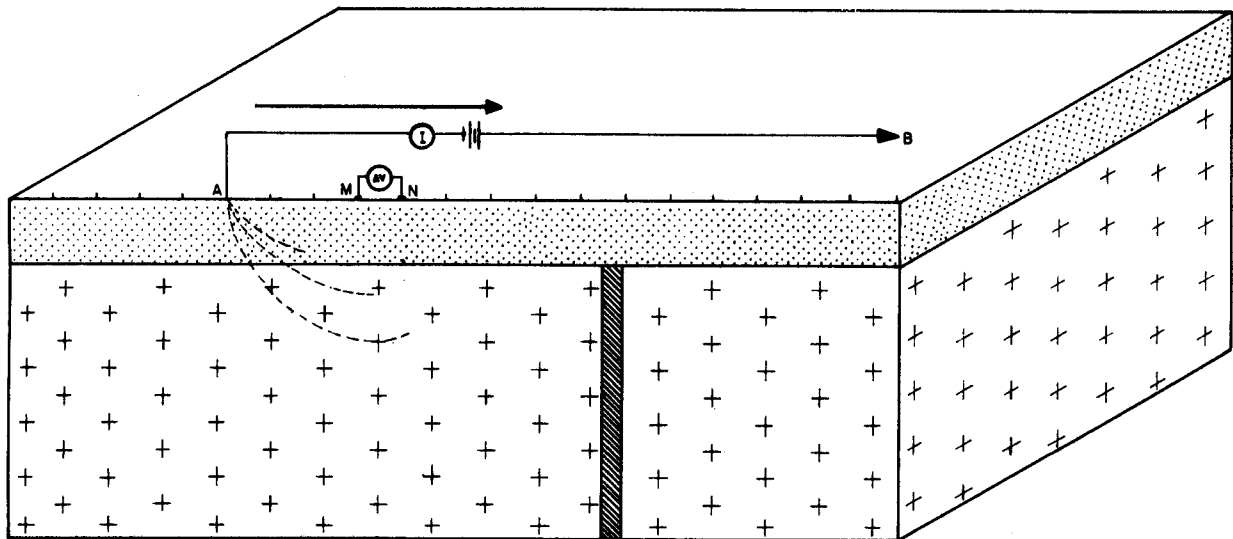


Fig. u

CALICATA ELECTRICA (C.E.)



CURVA DE CALICATA ELECTRICA

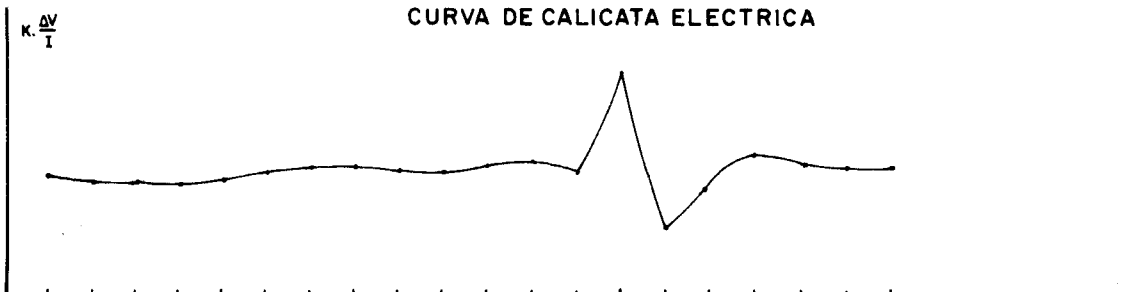


Fig. v

tigar directamente tales unidades o estructuras.

9.3.3. La Prospección Mineralométrica.

La galena en sí posee poca resistencia mecánica, por lo que el tamaño de sus granos decrece rápidamente al ser trasladados aguas abajo desde el foco plumbífero emisor. Por ello, en corto trayecto, se convierte en polvo finísimo, menos estable como sulfuro, y más apto para ser detectado por Pb, que como mineral plumbífero. Sin embargo, aprovechando la relativa estabilidad química del SPb, y algunos de sus acompañantes, podría planearse una prospección aluvionaria, enfocada a detectar directamente granos de tales minerales.

9.3.4. La Mercurimetría Helitransportada.

La afinidad del Hg con las fases sulfuradas hidrotermales, unida a la singular movilidad geoquímica de tal elemento en aureolas primarias y derivadas, lo hacen especialmente apropiado para la búsqueda indirecta de yacimientos de sulfuros metálicos.

BARRINGER ha desarrollado un sistema de prospección que consiste en transportar unidades analíticas por absorbimetría atómica sobre helicóptero, y registrar durante el vuelo el contenido en Hg, SO₂, etc. del aire. Las anomalías detectadas se relacionan con la vaporización, por efecto de la insolación, del mercurio contenido en las metalizaciones. Parece claro, que la precisión intrínseca de esta técnica, aún sin confrontación estadística, y muy influida por la insolación, temperatura, viento y topografía, sólo puede admitirse a escala de prospección regional. Complementada con registros simultáneos (magnéticos o radiométricos, y posiblemente con fotografía en infrarrojos), la mercurimetría helitransportada permitiría, tal vez, detectar áreas de nuevos yacimientos, con rapidez difícilmente asequible en Sierra Morena.

9.3.5. Condicionamientos Tecnológicos para la Prospección Geoquímica.

Al programar las campañas experimentales para la búsqueda geoquímica de yacimientos de Pb, se han de tener en cuenta los siguientes condicionamientos, que se desprenden de los estudios metalogénicos:

- 9.3.5.1. Unidades prospectables: Debe prescindirse, en general, de terrenos posthercinianos y verificar únicamente campañas sobre niveles "permotriásicos", o más bajos.

Solamente una prospección de halógenos, cara y problemática, ofrecería alguna posibilidad de éxito en zonas recubiertas por cobertura tan impermeable, como la del Trías, Mioceno, etc.,

con el peligro de que, en caso de detectar alguna anomalía, tal emisión respondiera a una actividad filoniana ajena al hidrotermalismo plumbífero, o al influjo de las evaporitas del Keuper.

- 9.3.5.2. Elementos prospectables: Ponderando la vinculación de los diversos elementos con las mineralizaciones plumbíferas, su posterior movilidad geoquímica, la posible importancia minera de otras manifestaciones metalíferas, y el coste unitario de las determinaciones analíticas, parecen ser Pb y Hg los únicos elementos apropiados para acometer futuras campañas geoquímicas.

9.4. METODOS GEOMATEMATICOS

Toda investigación minera entraña riesgos, cuya amplitud puede estimarse solamente mediante argumentación estadística. En primer lugar, resistiéndose la Naturaleza a ser encasillada en esquemas conceptuales fijos, definidos e independientes, pocas veces podrá acometerse una prospección con esperanza fundada de éxito, sobre todo cuando tal confianza se base en criterios puramente geológico-metalogénicos. No es éste el caso de la comarca estudiada, donde la existencia de un pasado minero esplendoroso y un presente fructífero, confiere gran peso a los criterios adoptados para su investigación.

La inseguridad compleja resurgirá varias veces a lo largo de la investigación. Una correlación paleontológica exigente, el reconocimiento de las verdaderas asociaciones metalogénicas, y otros problemas frecuentes en geofísica y geoquímica, requerirán para su resolución la interpretación estadística.

En especial, si como resultado de la práctica de la investigación se descubre un yacimiento o un criadero que deba ser evaluado, los procedimientos geomatemáticos resultarán imprescindibles, puesto que el número de datos de que se disponga será, por razón de economía, muy limitado, aunque por el mismo motivo se exija, que las conclusiones que se deduzcan de los mismos estén afectadas por el menor error posible, y que se conozca, además, el margen de imprecisión de tales estimaciones.

Existe doble vertiente para estos estudios geomatemáticos:

9.4.1. Estimación Numérica (Aleatoria).

Según se ha expuesto, estimar la potencia reducida media de un filón mediante "n" perforaciones o labores, que por la separación entre muestras contiguas (superior a 80 m.) proporcionen muestras unitarias independientes, es análogo a inferir, tras "n" extracciones, el contenido de una bolsa con "N" bolas perfectamente mezcladas (tantas como sondeos o labores podrían situarse sobre el fi-

lón). La extensión de las propiedades numéricas de "n" datos a la totalidad "N", es motivo de cierta inseguridad en las apreciaciones, imprecisión que, cualitativa-mente, se expresa por la varianza σ^2 ; el valor de σ se estima igualmente a partir de los datos obtenidos con los mismos "n" reconocimientos.

En este caso, las leyes a que se ajusta estadísticamente la aproximación de los caracteres medios de muestras de "n" individuos a los de la población total "N", así como el carácter metalogénico de ésta, son funciones conocidas, normal y lognormal, por lo que resulta factible evaluar cuantitativamente, el riesgo de error, que, probablemente, acarrea la impresión de esta estimación aleatoria.

9.4.2. Estimación Geo-Numérica.

La estimación geo-estadística procede de distinta forma. En vez de mezclar las "n" muestras, evalúa cualitativamente la imprecisión individual de cada una, como representación de lo existente en su volumen o área de influencia (varianza de extensión geométrica). Para filones investigados con red rectangular de sondeos, tal varianza se compone prácticamente de dos términos, el primero proviene de la extrapolación de los resultados de un sondeo a la mitad del segmento que lo une a las perforaciones contiguas; el segundo, de ampliar este segmento al resto del entorno mineralizado local que estudia dicha perforación. Ambos términos pueden calcularse a partir del variograma del yacimiento, cuya curva se estima, según se ha expuesto, de los mismos "n" datos del desmuestre.

La estimación geoestadística, con sus varianzas de extensión, es, en principio, más completa y general que la estrictamente numérica, ya que aprovecha la información recogida sobre posición de las muestras. Sin embargo, cuantitativa-mente, no resulta tan útil, pues se desconoce comúnmente la función estadística de acercamiento de los promedios de "n" muestras, distribuídas según pauta rectangular, (y casi siempre escasas para definir bien el variograma), hacia las medias de la totalidad "N".

10. SINTESIS METALOGENICA

A modo de resumen y consideración final, se repasan los datos metalogénicos de mayor importancia, puestos de manifiesto por esta investigación, y que fundamentan cuanto se ha expuesto en relación a metodología y técnicas de prospección en estos Distritos.

10.1. SINTESIS SOBRE LOS APORTES FILONIANOS

Los resultados de los trabajos químicos, mineralógicos, texturales e isotópicos reseñados, indican la coexistencia de tres etapas fundamentales de mineralización, responsables de los enriquecimientos filonianos en el extremo oriental de Sierra Morena:

10.1.1. Mineralización de Sulfoantimoniuros de Pb - Ag.

- Mena principal: Galena (y algo de cerusita y anglesita)
- Menas acompañantes: Sulfoantimoniuros de Ag.
- Ganga predominante: Ankeritas.
- Edad: Claramente anterior a los niveles del Permotrías, (Estefaniense-Permiano medio según las determinaciones isotópicas del Pb).

No se evidencian cambios fundamentales de química, mineralogía, o isotopía en las muestras de galena, tomadas a diversas profundidades, por lo que las bandas de esterilización en los filones deben responder a zonas hidrodinámicamente desfavorables para la afluencia y deposición de los aportes hidrotermales.

10.1.2. Mineralización de Sulfuros de Cu, Fe (a Mayores Temperaturas).

- Menas principales: Calcopirita, piritita y marcasita.
- Menas acompañantes: Sulfuros de Fe, Ni, Co, Sn.
- Ganga predominante: Cuarzo, calcita y clorita.
- Edad: Afecta, ocasionalmente, a los niveles inferiores del Trías.

10.1.3 Mineralización no Metalífera.

Puede ser de dos tipos. En unos casos consiste principalmente en baritina, y afecta, claramente a los terrenos triásicos (Tectónica alpina).

En otros, consiste en pequeños aportes de fluorita no deformada y cuarzo.

10.1.4. Mineralización Independiente.

Sin vinculación espacial con las anteriores, existen además unas manifestaciones de mispíquel, con W-Sn y pequeños indicios de Bi.

10.2 SINTESIS SOBRE LAS UNIDADES FILONIANAS

Todos los datos recopilados sobre las mineralizaciones plumbíferas se condensan en el cuadro de la fig. x.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS MINERALIZACIONES PLUMBIFERAS DE LOS DISTRITOS DE -10395
LINARES - LA CAROLINA - STA. ELENA

| CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS FILONES | | L I N A R E S | | | | | L A C A R O L I N A | | | S T A . E L E N A | | | |
|---|-------------|--|---|---|---|--|--|------------------------------|---|--|---|-------------------------------|------------------------------------|
| | | BLOQUE GRANITICO DEL NO. (GUARROMAN) | DEPRESION INTERMEDIA | BLOQUE GRANITICO CENTRAL | BLOQUE GRANITICO DEL SE. (ARQUILLOS) | FILONES EN PIZARRAS DEL CULM AL N. Y NE. | FILONES EN PIZARRAS DEL CULM AL NO. | FILONES EN PIZARRAS DEL CULM | | FILONES EN EL SILURIANO | | FILONES EN GRANITO | |
| DIRECCION | Principales | N-45° E | N-75° (al S.) N-30° E (al N.) | N-25° E | N-30° E | 45° | N-85° E | | N-70° E | N-70° E (El Centenillo) | N-70° O | | |
| | Cruceros | N-75° E | N-45° E | N-65° E | N-80° E | 75° E | N-30° E | N-50° E | N 30° E | N-20° E | N-70° O | N-70° E N-20° E | |
| BUZAMIENTO | | ± 75° | ± 75° | ± 75° | ± 75° | ± 75° | 45° - 65° E | | ± 80° (cuarcitas) ± 70° (pizarras) | | ± 75° | | |
| LONGITUD | | 300 y 800 m. | 300 y 1.200 m. | 500 y 1.600 m. | 1.500 m. (en las zonas aflorantes) | 3.000 m. | 2km. (en forma algo discontinua | | 1 km. | 3 km. | 5 km. | | |
| | | | | | | | 1 kilómetro | | 15 km. | | 15 km. | 1 km. | |
| INTERVALO | | 150 y 600 m. | 250 m. | 200 y 800 m. | 350 m. | 2.500 m. | 175 m. | | 600 m. | 1.500 m. | 1.500 m. | | |
| | | | | | | | 250 m. | | 1.500 m. | | 200 m. | | |
| POTENCIA | | 0,8 m. | 0,9 m. | 0,9 m. | 0,8 m. | 0,7 m. | 0,7 m. | | 15 m. | | 0,8 m. | | |
| POTENCIA REDUCIDA | | 5 cm. de galena | 4 cm. | 6 cm. de galena | 5 cm. (?) | 6 cm. (?) | 3 cm. | | muy irregular | | 8 cm. | 5 cm. | |
| | | | | | | | | | 6 cm. | | 5 cm. | 5 cm. | |
| COMIENZO DE LA METALIZACION EXPLOTABLE | | - 30 m. (Casi superficial, pero recubierta por Trías estéril) | Superficial, recubrimiento ocasional de Trías estéril | - 20 m. idem. | desde superficie | desde superficie | desde superficie | desde superficie | desde superficie | 80 - 120 m. (no asciende de la caliza Urbana) | 60 - 80 m. | | |
| PROFUNDIDAD DE LA METALIZACION EXPLOTABLE | | 600 m. | 500 m. | 600 m. | hasta más de 400 m. | hasta más de 300 m. | desde superficie | más de 300 m. (?) | más de 500 m. | | más de 600 m. | | |
| MORFOLOGIA DE LAS ZONAS EXPLOTABLES | | Bolsadas lenticulares de 50-100 m. de diámetro que ocupan un 30 % de la superficie del filón. | idem más discontinuas con grandes bolos metalizados | idem | idem | idem. | Bolsadas irregulares y grandes enriquecimientos según árboles mineralizados. | | Bastante continúa sobre las cuarcitas, empobrece en las pizarras. | | Masas lenticulares de 60 m. de diámetro. | | |
| SECUENCIA Y MINERALOGIA DEL RELLENO FILONIANO | | 1° Ankerita Galena (con Ag) 2° Cuarzo con Piratas ferrocobrizas 3° Baritina - Fluorita | idem con más baritina | idem | idem | idem. | idem. | | idem con más cuarzo | | Idem con más cuarzo y blenda | | |
| ESTRUCTURA DE LA METALIZACION | | Vetillas continuas o dislocadas más bien cercanas a las salbandas. Enriquecimientos según árboles mineralizados. | Menos continuas; más irregular y dislocada. | idem | idem | Nódulos Metalíferos | Nodular con gran irregularidad | | 2 vetas cercanas a los hastales unidas esporádicamente por delgadas vetillas. Drusas de galena y cuarzo | | | | |
| LEY MEDIA DEL MINERAL EN Pb | | 8 % en peso | 6 % en peso | 7-9 % en peso | 5-8 % en peso | | | | 6-10 % en peso | | 5-8 % en peso | | |
| LEY MEDIA DEL CONCENTRADO EN Pb | | 75 % | 75 % | 75 % | 75 % | 75 % | | | 75 % | | 75 % | | |
| LEY MEDIA DEL CONCENTRADO EN Ag | | 180 gr. / Tm. | 200 gr. / Tm. | 180-200 gr. / Tm. | ? | 500 gr. / Tm. | | | 450 gr. / Tm. | | 350 gr. / Tm. | | |
| FALLAS ESTERILES | | N-60° O. | | NS. y N-60° O. | | | N.S. | | | | | | |
| TERMINACION SEPTENTRIONAL | | Por acuñamiento, tras atravesar el Río Guadiel | Pizarras mosqueadas plásticas | Gran falla regional N-60° E (Falla Roso) | Bajo el Trías y Pizarras | | | | | | | | |
| TERMINACION MERIDIONAL | | Falla de Guarromán | idem | Faja fallada de Cañada Incosa | | | | | | | | | |
| TOPOGRAFIA SUPERFICIAL | | Llana con lomas amesetadas, separadas por valles en "uve" | idem. menos pronunciada | Llana con lomas amesetadas, separadas por valles en "uve" | Lomas de 250 m. de altura | Lomas redondeadas de 120 m. de altura. | idem. | | Lomas redondeadas de 130 m. de altura. | | Lomas accidentadas de 400 m. de altura. | | |
| DESAGUE | | Abundante en las zonas favorables e interconexionado | | Abundante en las zonas favorables e interconexionado | Muy abundante | | Muy abundante cerca de las valles | | | | Abundante pero más independiente que en Linares | | |
| FILONES TIPICOS | | Libertad - Matababras - Igualdad Las Felipas - El Cobre n° 1 | S. Juan-Emeralda El Tesoro-El Cobre n° 2 Carro Huaco | Filones del Collado del Muerto | Arrayanes-Cristo del Valle-Chaves La Columna-Los Quinientos Pozo Ancho-Trinidad | La Española | Los Palazuelos - Valdeinfierno | Majadahonda O. grupo Cobo | Dasman S. Alejandro E. grupo Cobo | Araceli - La Reforma - La Jaula | El Guindo Sinapisimo | Mirador-Perdiz Pelaguindos | Ojo Vecino-San Gabriel-El Problema |
| | | | | | | | | | La Galera San Telmo | Cruceros - Cañita | | El Piñón-Quitapenas Cazadores | Santa Teresa |
| OTRAS MINERALIZACIONES | | Cu - (El Cobre, etc.), en sus niveles superiores Fe sedimentario en el Trías | | Cu - La Cruz, La Tortilla, etc. en sus niveles superiores. Ni - Valdeinfierno | | | | | Sb - Filón S. Agustín al NO. de Araceli | Fe-Zn (Caliza Urbana) Zn (Cuarcitas Castellar) Cu (Zona septentrional) | | Ni (Origuillo) | |